Der Plansee
Eine geographische Seenstudie

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät II. Sektion

der

K. B. Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Edwin Fels

München

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Tag der mündlichen Prüfung: 4. Juli 1913

Erlangen

K. B. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn

1913

Dem Andenken meiner Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548309_0116

Der Plansee.

Eine geographische Seenstudie.

Von Edwin Fels.

(Mit 2 Karten und 3 Tafeln.)

Einleitung.

1. Vorbemerkungen.

Die Lektüre von Alois Geistbecks grundlegendem Werk „Die Seen der deutschen Alpen“ (hgg. vom Ver. für Erdkde. zu Leipzig 1885) gab mir Veranlassung mich näher mit dem Plansee in Tirol und seinem Nachbarn, dem Heiterwangersee, zu beschäftigen.

In Geistbecks Arbeit wurde zum erstenmal eine zusammenfassende Darstellung der deutschen Alpenseen zwischen Lech und Salzach einschließlich des zu Tirol gehörigen Achensees und Plansees[1]) gegeben. Während sich aber vor Geistbeck über alle größeren von ihm ausgeloteten Seen Tiefenangaben finden, die mehr oder weniger der Wirklichkeit nahekommend zum Teil auf Messungen, zum größeren Teil aber nur auf Schätzungen beruhen, werden uns vom Plansee aus jener Zeit weder Berichte über Tiefenmessungen noch irgendwelche andere Mitteilungen überliefert.

Geistbeck war der erste, der 1881 den Plansee einer Untersuchung unterzog und ihn aus der Vergessenheit befreite, wenn man hierbei von dem nicht sehr reichlichen Material absieht, das Penck in seiner Vergletscherung der deutschen Alpen[2])

---

[1]) Der einfacheren Ausdrucksweise halber benennen wir Plansee und Heiterwangersee zusammen als Plansee, wenn kein besonderer Grund vorliegt einen Teil dieser morphologischen Einheit gesondert zu bezeichnen.

[2]) Wird hinfort als V.D.A. zitiert.

(Leipzig 1882) gegeben hat, und das sich lediglich mit der Morphologie kurz beschäftigt.

Nach Geistbeck sind die meisten der von ihm bearbeiteten größeren Seen nochmals eingehend behandelt worden. Diese Untersuchungen haben zum Teil seine Angaben bestätigt, zum Teil neue Werte an deren Stelle gesetzt, die nicht unerhebliche Differenzen aufweisen.

Im Gegensatz hierzu ist der Plansee nach Geistbeck nicht mehr bearbeitet worden und niemand mehr hat sich mit dem See als geographischer Einheit, mit seinen Beziehungen zur näheren und weiteren Umgebung, seinen genauen Tiefenverhältnissen und deren kartographischer Auswertung beschäftigt. Nur die Entstehung des Sees wurde von O. Ampferer[1]) in Kürze behandelt. Wenn sonst noch in der geographischen Literatur der Plansee erwähnt wird, so sind es stets nur Notizen statistischen Charakters oder Hinweise auf Geistbeck und dessen Auslotung; so bei H. Puchstein[2]), K. Peucker[3]) und W. Halbfaß[4]). In dem großen Werke „Atlas der österreichischen Alpenseen“, Wien 1895/96, zu dessen beiden Lieferungen J. Müllner[5]) und E. Richter[5]) Erläuterungen gegeben haben, ist der Plansee auffallenderweise nicht enthalten.

Ebenso wie in der geographischen ist das Planseegebiet auch in der geologischen Literatur bisher sehr stiefmütterlich behandelt worden. Nördlich und östlich des Plansees sind zwar geologische Spezialaufnahmen gemacht worden (Böse, Hohenschwangauer Alpen; Söhle, Ammergebirge; Reis, Wetterstein), alle aber hören gerade an der Grenze unseres Gebietes auf. Der Grund hierfür dürfte wohl in dem verhältnismäßig geringen Reiz zu suchen sein, den die ziemlich einförmigen Formationen der näheren Seeumgebung auf den Geologen ausüben, obwohl es schon des öftern ausgesprochen wurde, daß die Tektonik gerade

---

[1]) Glazialgeologische Beobachtungen in der Umgebung von Reutte. Verh. d. K. K. geol. R.A. Wien 1907. Nr. 15.

[2]) Die mittlere Tiefe und das Volumen der Seen der deutschen Alpen. 12. Bd. d. Zeitschr. d. Vereins d. Geogr. a. d. Univ. Wien. 1886.

[3]) Europäische Seen nach Meereshöhe, Größe und Tiefe. Hettners Geogr. Zeitschr. 1896. II. S. 606.

[4]) Die Morphometrie der europäischen Seen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkde. Berlin 1903. S. 592, 706, 784. 1904. S. 204

[5]) Geogr. Abhandl. VI. 1 u. 2. Wien 1896 und 1897.

des Planseer Dolomitgebietes wichtige ungelöste Probleme in sich birgt.

Erst nach Fertigstellung dieser Arbeit gelangten wir zur Kenntnis der geologischen Aufnahmen O. Ampferers im Planseegebiet. Wir werden später (s. geologische Verhältnisse) kurz auf diese Arbeiten zurückkommen.

Die auffällige Vernachlässigung des Plansees in geographischer Hinsicht ist auf seine Abgelegenheit von größeren Verkehrswegen und schwere Erreichbarkeit von wissenschaftlichen Zentralen wie München oder Innsbruck aus zurückzuführen. Erst seit wenigen Jahren führt in seine Nähe eine Bahn nach Reutte, von wo der westliche Teil des Sees in $1^1/_2$ Stunden zu erreichen ist. Seit 1913 sind die Verkehrsverhältnisse durch den Bahnbau Garmisch—Lermoos—Reutte besser geworden; von Griesen a. d. Loisach ist das Ostende des Sees nun in 2 Stunden, von Heiterwang im Hintertorental das Westende in $^1/_2$ Stunde zu erreichen. Bisher war von München aus fast ein Tag nötig um dorthin zu gelangen. Vergleichen wir damit die andern Seen der deutschen und österreichischen Alpen, so sind die meisten seit längerer Zeit entweder an ein Eisenbahnnetz angeschlossen oder aber sie liegen an bedeutenden Verkehrsstraßen.

Geistbecks Arbeiten am Plansee beschränkten sich im wesentlichen auf die Auslotung des Sees und die Konstruktion einer Tiefenkarte 1 : 25000. Die Entstehung des Sees wird in enger Anlehnung an Penck (V.D.A.) kurz behandelt. Es lag auch gar nicht im Sinne Geistbecks eine eingehende Darstellung und Behandlung einzelner Seen zu geben, sondern sein „Zweck war bei dem Umfang der damaligen Seenarbeiten die Gewinnung eines orientierenden Überblicks zur Ermöglichung einer genetischen Betrachtung des Phänomens“ [1]). Von dieser Tatsache ausgehend ist es selbstverständlich, daß Geistbecks Resultate keine abschließenden sein konnten und daß in jeder Beziehung, sowohl was den See selbst wie dessen Umgebung anbelangt, ein weites Feld für spätere Forschungstätigkeit offen gelassen wurde. Geistbeck ist sich dessen voll und ganz bewußt und äußert sich z. B. über seine Lotungen S. 16 folgendermaßen: „Die Hunderte von Lotungen, die nunmehr von den

---

[1]) Freundliche Mitteilung von Herrn Prof. Dr. A. Geistbeck.

bayerischen und nordtirolischen Seen vorliegen, lassen uns diese Arbeit noch nicht als vollkommen erschöpfend betrachten. Schon der einzige Umstand, daß wir das ganze große Gebiet zwischen Lech und Salzach umspannten und alles auf eigene Kosten unternehmen mußten, zwang hie und da zu unliebsamen Beschränkungen . . . Neue, fortgesetzte kontrollierende Untersuchungen werden einzelne Unrichtigkeiten des Details zu berichtigen haben . . ."

Aus diesen Gesichtspunkten heraus haben, wie wir sahen, die meisten Seen nach Geistbeck eine erneute eingehende Untersuchung erfahren und diese bestärkten auch mich in der Absicht am Plansee seenkundliche Studien zu betreiben, zumal da Halbfaß[1]) gerade beim Plansee und Heiterwangersee die Notwendigkeit der Vermehrung der Lotpunkte bezw. die Neuauslotung ausdrücklich betont. Seine Kritik der Geistbeckschen Tiefenkarten der oberbayerischen Seen (S. 212), von denen er sagt, daß in bezug auf Vollständigkeit wohl keine genaueren Ansprüchen genüge, ist an sich berechtigt; es muß aber doch festgestellt werden, daß diese Karten sich ganz im Rahmen der Arbeit Geistbecks halten und den damaligen Zweck vollkommen erfüllten.

Ich hatte mir mein Arbeitsfeld zuerst in sehr weiten Grenzen abgesteckt, indem ich mir vornahm den Plansee in limnologischer Weise zu bearbeiten. Es sollten hierbei folgende Punkte berücksichtigt werden, die in Schlagwörtern angeführt seien:

1. Auslotung des Sees. Konstruktion der Tiefenkarte. Morphometrische Auswertung.

2. Morphologische Beobachtungen: Wirkungen der Eiszeit. Postglaziale Umgestaltung. Entstehung des Sees.

3. Physikalische Verhältnisse des Sees: Monatliche Beobachtung der Oberflächen- und Tiefentemperaturen in verschiedenen Schichten. Temperaturverhältnisse der Zuflüsse und des Abflusses. Farbe und Durchsichtigkeit. Vereisung. Einfluß meteorologischer Faktoren auf den See.

4. Mechanik des Sees: Wasserstände, Strömungen, Wellen.

Schon nach den ersten praktischen Versuchen sah ich jedoch, daß es für den einzelnen ein Ding vollständiger Unmöglich-

[1]) Die Morphometrie der europäischen Seen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkde. Berlin 1904. S. 212.

keit ist im Zeitraum etwa eines Beobachtungsjahres alle diese Punkte zu berücksichtigen, zumal ich mich bei der großen Entfernung des Plansees von München während des Semesters höchstens 3—4 Tage im Monat dort aufhalten konnte. Ich entschloß mich deshalb dazu Einschränkungen des Themas zu machen.

Die natürliche Folge hiervon war, daß ich mich eingehender mit der Prüfung der Frage zu beschäftigen hatte, wie ein See als abgeschlossenes Ganzes ein geographisches Untersuchungsobjekt bildet, mit anderen Worten, welche Gesichtspunkte in der Seenkunde in erster Linie für den Geographen in Betracht kommen und unbedingt in sein Arbeitsgebiet gehören. Das Ergebnis dieser Untersuchungen war die Aufstellung des Begriffes der „geographischen Seenstudie“, wie der Untertitel dieser Arbeit lautet. Der Plansee wurde nach den hierbei gewonnenen Grundsätzen untersucht und es ergab sich, daß es so viel Material zu sammeln und zu verwerten gab, daß eine Ausscheidung gewisser Arbeitsgebiete aus dem großen Wissenskreis der Seenkunde und eine Zusammenfassung derselben zu einer „geographischen Seenstudie“ ein berechtigter Schritt war.

Zu aufrichtigstem Danke fühle ich mich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. von Drygalski, verpflichtet, der mit wohlwollender Anteilnahme meine Arbeiten im Planseegebiet verfolgte und mit Rat und Tat besonders bei Beantwortung zahlreicher praktischer Fragen hilfreich zur Seite stand. — Fernerhin danke ich den Herren Dr. Dieckmann, Heydrich, Kiderlin, Koegel, Dr. Levy, Mayrhofer für die Hilfe, die sie mir teils bei der Auslotung des Plansees teils bei der Begehung des Gebietes erwiesen haben.

2. Über das Verhältnis der Seenkunde zur Geographie.

Da es nicht im Rahmen dieser Arbeit liegt, ausführlich darzustellen und zu begründen, welche Bestandteile der Seenkunde notwendig zu einer geographischen Seenstudie gehören, begnügen wir uns mit einer Zusammenstellung der Hauptpunkte und einer kurzen Zusammenfassung.

Während in früheren Zeiten die Seenkunde ausschließlich von der Geographie beherrscht wurde, trat ungefähr seit dem Jahre 1880 ein bedeutsamer Wechsel ein, indem F. A. Forel das Moment der Biologie in der Seenforschung nachdrücklichst

betonte. Seit dieser Zeit hat sich die Seenkunde immer mehr selbständig gemacht, aber auch heute noch, wo sie als Spezialwissenschaft voll anerkannt ist, kann man sagen, daß Geographie und Biologie die Grunddisziplinen darstellen, im Verhältnis zu denen alle Nebenzweige nur untergeordnetes Interesse beanspruchen und nicht um ihrer selbst willen gepflegt werden, sondern nur um geographische oder biologische Erscheinungen erklären zu helfen.

Im Wesen der Spezialwissenschaft liegt es begründet, daß ihre Beherrschung und Zusammenfassung nur dem möglich ist, der sich ausschließlich mit ihr beschäftigt. Andererseits liegt es sicher in der Eigenschaft der Geographie als einer Grunddisziplin oder Mutterwissenschaft der Seenkunde, daß sich ein Geograph sehr wohl, auch ohne Limnologe zu sein, mit seenkundlichen Fragen befassen kann. Es gibt Bestandteile der Limnologie, die der Geograph ohne weiteres exakt und einwandfrei ausführen und beobachten kann, ja zu deren Erforschung er in erster Linie berufen ist.

Ohne auf die zahlreichen Arbeiten einzugehen, die sich mit der Frage nach dem Verhältnis der Seenkunde zur Geographie beschäftigen, sei im folgenden kurz dargestellt, was wir als das Arbeitsgebiet des Geographen in der Seenkunde halten.

Als die erste und wichtigste Arbeit des Geographen erachten wir auch in der Seenkunde die messende, wie ja überhaupt in der gesamten Geographie Messung die Grundaufgabe darstellt. Wir nennen diese Tätigkeit die kartographische und verstehen darunter die Herstellung einer in bezug auf Umrisse und Relief brauchbaren Karte des Sees. Auf die Kritik des Systems der Auslotung des Sees und auf die Verbesserung der hierzu nötigen Apparate hat der Geograph natürlich ein besonderes Augenmerk zu richten um bei der kartographischen Tätigkeit gute Resultate zu erzielen. Eng damit zusammenhängend und aus ihr hervorgehend ist die morphometrische Auswertung, die aus der gewonnenen Karte durch messende und rechnerische Methoden Werte erzielt, welche hauptsächlich zur vergleichenden Zusammenstellung von Seen und zu ihrer gene-

tischen Klassifizierung von höchster Wichtigkeit sind, aber auch praktischer Bedeutung z. B. für den Techniker nicht entbehren.

Während diese Gruppe der geographischen Aufgaben sich auf den See allein und die Feststellung und Beschreibung seiner Formen beschränkt, liegen die weiteren in der Schilderung der Formen der näheren und weiteren Umgebung des Sees, der Oro- und Hydrographie des Seeeinzugsgebietes, und dann in dem Versuch der Entstehungserklärung aller dieser Formen, welche ihrerseits auf die wichtigste Frage, die nach der Entstehung des Seebeckens, Licht wirft; Voraussetzung für solche Arbeiten ist die Kenntnis der geologischen Verhältnisse des Gebiets. Die Aufhellung dieser Beziehungen können wir als die morphographische und morphologische Tätigkeit bezeichnen.

Allen diesen hier nur angedeuteten Aufgaben des Geographen in der Seenkunde war es gemeinsam, daß sie auf der geographischen Karte als Grundlage beruhten und es liegt auf der Hand, daß sie alle einen vorzüglich geographischen Charakter haben, der in der Messung, Beschreibung und Erklärung der Formen beruht. Damit halten wir die seenkundliche Forschungsarbeit des Geographen für beendet und verweisen alles übrige, wie geologische, physikalische und chemische Untersuchungen etc., ins Bereich der Spezialwissenschaft der Seenkunde.

Fragen wir uns nun, wie wir uns die Anordnung einer seenkundlich geographischen Untersuchung vorstellen, so wird es sich als zweckmäßig ergeben, einige Änderungen in dem eben beschriebenen Weg vorzunehmen. Wir werden am besten verfahren, wenn wir Morphographie und Morphologie — die Beschreibung und Erklärung der Formen — als Hauptgesichtspunkte aufstellen und die kartographische und morphometrische Tätigkeit der Morphographie einordnen, da diese ja ebenso wie die ganze Morphographie ein Mittel zum Verständnis der Morphologie, also eine unbedingt nötige Voraussetzung, darstellen.

Im großen und ganzen stimmen wir in unserer Abgrenzung des geographischen Forschungsgebietes an Seen mit der Einteilung überein, die W. Ule[1]) in seinem Werk über den Würmsee und mit geringer Abweichung auch in dem über den Ammersee gewählt hat. Daß wir seinen zweiten großen Hauptteil über die

[1]) Der Würmsee in Oberbayern. Leipzig 1901. Studien am Ammersee in Oberbayern. Mitteil. d. Geogr. Ges. München 1906. I. S. 561.

physikalischen Verhältnisse unberücksichtigt lassen, ist nach dem vorausgeschickten selbstverständlich. Seinen ersten Hauptteil jedoch können wir nahezu vollständig übernehmen, wenn wir anstatt des Titels „Die morphologischen und geologischen Verhältnisse“ setzen: „Morphographie und Morphologie“, da wir ja die Geologie nicht als ins geographische Forschungsgebiet fallend betrachten können. Ules Unterabteilungen sind folgende:

1. Oro- und Hydrographie der Seeumgebung.
2. Die Gestalt des Seebeckens.
3. Morphometrie des Sees.
4. Die geologischen Verhältnisse.
5. Die Entstehung des Sees.
6. Die systematische Stellung des Sees.

Die drei ersten Punkte der Uleschen Einteilung wären der Morphographie, die drei letzten der Morphologie unterzuordnen.

Als Ergebnis der vorstehenden Betrachtungen sei folgendes kurz zusammengefaßt:

Der Geograph ist ohne Zweifel dazu berechtigt sich mit der Erforschung limnologischer Fragen zu befassen. Die Grenze dieser geographischen Seenforschung wurde bisher sehr weit gesteckt und es ergibt sich die Notwendigkeit einer schärferen Feststellung des Forschungsgebietes. Als rein geographische Aufgaben erachten wir die, welche sich auf die Karte und deren Verständnis im weitesten Sinne beziehen und das Becken des Sees und sein Einzugsgebiet betreffen. Zu deren Lösung ist der Geograph berufen. Alles übrige gehört ins Bereich limnologischer Forschung und hat erst dann wieder ausgedehntes geographisches Interesse, wenn bereits vorliegende Resultate derselben im Rahmen allgemeiner geographischer Darstellungen zu Gegenüberstellungen, Vergleichen und Klassifikationen herangezogen werden. Diese Verwertung und Verarbeitung des vorhandenen Tatsachenmaterials gehört zu den Aufgaben, die wir der „allgemeinen Geographie“ zuzuweisen gewohnt sind; eine „Forschung“ im eigentlichen Sinne kann darunter nicht verstanden werden.

Die Summe dessen, wozu wir den Geographen zur Erforschung für berechtigt, ja für berufen halten, führt uns zur Aufstellung des Begriffes der „Geographischen Seenstudie“. Was außerhalb ihrer Grenzen liegt, sind Spezialuntersuchungen, die ins Bereich der Limnologie gehören. Die geographische

Seenstudie gibt der Limnologie Grundlagen an die Hand, auf denen diese für ihre Spezialuntersuchungen weiterbauen kann und soll. Wir denken uns die vollständige Erforschung eines Sees so, daß zuerst der Geograph durch seine Seenstudien die notwendigen Grundlagen schaffen muß; der Limnologe soll dann mit seinen genauen Spezialuntersuchungen einsetzen, die dann endlich der Geograph wiederum durch vergleichende Zusammenstellung des gesamten Forschungsmaterials auswerten kann, indem er sie weiten geographischen Gesichtspunkten unterordnet.

Der Plansee und sein Einzugsgebiet als geographisches Untersuchungsobjekt.

1. a) Morphographie des Einzugsgebiets.

Lage.

Die Einteilung der Alpen in natürliche Regionen kann durchaus nicht als feststehend angenommen werden. Sie geschieht nach den verschiedensten Gesichtspunkten und es fällt deshalb in vielen Fällen schwer ein abschließendes Resultat zu erhalten. Am gebräuchlichsten wohl und am meisten den natürlichen Verhältnissen entsprechend dürfte die Einteilung nach hydrographischen Momenten sein, indem Flußläufe bezw. Tiefenlinien zur Abgrenzung der einzelnen Gruppen herangezogen werden.

Das Gebiet des Plansees in Tirol kann als einheitliches Ganzes keiner größeren Gebirgsgruppe eingereiht werden, da durch seinen Einzugsbereich gerade die Grenzlinie zwischen zwei großen Gliedern der nördlichen Kalkalpen hindurchgeht, den Algäuer Alpen und den Nordtiroler Kalkalpen. Die trennende Tiefenlinie verläuft, wie im allgemeinen angenommen wird, vom Inn bei Imst durch das Gurgltal über den Fernpaß, Lermoos, Hintertorental, Lechtal bei Weißenbach, Paß Gaicht, um im Tannheimertal mit dem gewundenen Lauf der Vils bei Pfronten in das Vorland auszutreten[1]). Für uns kommt das Hintertorental in Betracht, welches das Planseegebiet in einen nordöstlichen Teil zerlegt, der zu den Ammergauer Alpen zu rechnen ist, und in einen südwestlichen, der zu den Lechtaler Alpen gehört, beides Glieder jener größeren eben gekennzeichneten Einheiten, der

[1]) Vgl. hierzu A. v. Böhm, Einteilung der Ostalpen. Pencks Geogr. Abh. I, 3. 1887. S. 239ff., mit dem die vorliegende Darstellung übereinstimmt.

Nordtiroler Kalkalpen, bezw. der Algäuer Alpen. Diese Trennungslinie ist an sich belanglos, verdient aber insofern Beachtung, als man gemeinhin die Ammergauer Alpen dem Voralpenzug, die Lechtaler dagegen schon den eigentlichen Hochalpen zuteilt.

Während das Einzugsgebiet zu zwei verschiedenen Teilen der nördlichen Kalkalpen gehört, liegt der Plansee selbst samt dem ihm benachbarten Heiterwangersee ganz im Bereich der Ammergauer Alpen. Er nimmt im südlichen Teil dieser Gebirgsgruppe eine so zentrale Stellung ein, daß v. Böhm dafür den Namen „Planseegebirge" eingeführt hat (S. 425), eine Bezeichnung, die zwecks schärferer Abgrenzungen der Berechtigung sicher nicht entbehrt, aber im Sprachgebrauch sowohl der Bevölkerung wie der in dieser Beziehung wohl sehr maßgebenden Touristik völlig unbekannt ist; vielmehr wird auch hier allgemein nur von den „Ammergauern" gesprochen.

Kartenmaterial.

Für das Planseegebiet stehen uns, abgesehen von der Karte des Deutschen Reiches 1:100000, die Aufnahmen des österreichischen [1]) und des bayerischen [2]) Generalstabs zur Verfügung. (Maßstäbe 1:75000 bezw. 1:50000).

Die Blätter des topographischen Atlas von Bayern 1:50000 [2]) stützen sich, soweit sie über die Grenze greifen, auf die österreichischen Aufnahmen. Sie haben daher hier auch deren offenkundige Mängel bis zu einem gewissen Grade übernehmen müssen, die vor allem in der nicht genügenden Hervorhebung und Darstellung morphologisch wichtiger Eigentümlichkeiten zum Ausdruck kommen. Ein Blick auf die Landesgrenze besonders auf Blatt Sonthofen (Ost) lehrt dies sofort: Auf bayerischem Gebiet ein ruhiger, den natürlichen Verhältnissen gut entsprechender Verlauf der Höhenlinien, auf österreichischem dagegen plötzlich eine unruhige, schematisierende Zeichnung. Immerhin aber gibt

---

[1]) Zone 16, Kol. III. Lechtal; Zone 16, Kol. IV. Zirl und Nassereith; [Zone 15, Kol. III. Füssen; Zone 15, Kol. IV. Oberammergau]. Die beiden letzten Karten umfassen nur ganz kleine Teile im Norden und kommen kaum in Betracht.

[2]) Blatt 96, Sonthofen (Ost) 1911; Blatt 97, Mittenwald (West) 1904. Von der topogr. Karte 1:25000 kommt nur Bl. 861 (Hochplatte) in Betracht.

die bayerische Karte 1:50000 in großen Zügen ein klares und übersichtliches Bild in geradezu mustergültiger Technik der Darstellungsweise. Auf sie wird man sich bei der Begehung des Gebiets stützen.

Grenzen.

An der Hand der beigefügten Umgebungskarte (Tafel 24) „Hohenschwangau, Garmisch-Partenkirchen" 1:100000 (zusammengestellter Ausschnitt aus der Karte des Deutschen Reiches) mögen die Grenzen des Planseegebiets festgestellt werden[1]). Wenn wir beim nördlichsten Punkt, der Hochplatte, beginnen, so zieht die Wasserscheide in verschiedenen Bögen erst in südwestlicher Richtung zum Alpelskopf, dann südlich bis nahe an den Plansee heran auf die Soldatenköpfe. Hier biegt sie wieder nach Südwesten um und geht, sich immer nahe dem Nordufer des Plansees und des Heiterwangersees haltend, über den Zwieselberg, den Ausfluß des kleinen Plansees, Tauernberg, Schlögelberg bis P. 1231, wo sie einer südlichen Richtung bis zum Thanellergipfel Platz macht; von hier südöstlich nach Berwang, dann südlich über die Hochblase zur Suwalspitze. Mit dieser ist der südlichste Punkt des Gebietes erreicht. In östlicher Richtung kommen wir weiter über den Roten Stein und Hocheck zur Gartnerwand, von wo wir bei P. 2364 nördlich über die Bleispitze ins Hintertorental nach Lähn hinabsteigen. Von hier geht es nördlich über den Blattberg bis P. 1971, dann nordöstlich bis zu der den Plansee im Osten abschließenden Schwelle und endlich im allgemeinen nördlich über den Zwergenberg, die Geierköpfe, den Ammerwaldpaß querend zurück zur Hochplatte.

Diese eben beschriebene Linie umfaßt ein Gebiet, dessen Flächeninhalt nach der auf der bayerischen Karte 1:50000 erfolgten Planimetrierung ca. 114,4 qkm beträgt, den Plansee, kleinen Plansee und Heiterwangersee hinzugerechnet.

[1]) Die etwas anspruchsvoll anmutende Beifügung der großen Karte 1:100000 für das verhältnismäßig kleine Gebiet des Plansees geschah aus technischen Rücksichten, da diese Karte im Topograph. Bureau bereits zusammengestellt erhältlich war. — Bezeichnungen, die in der vorliegenden Arbeit auf der beigefügten Karte nicht auffindbar sind, mögen auf der bayer. Karte 1:50000 aufgesucht werden.

Oro- und Hydrographie.

Vertikale Gliederung.

Der Spiegel des Plansees stellt das tiefste Niveau unseres Gebietes dar; auf dessen Seehöhe muß etwas näher eingegangen werden, da sie einerseits als fester Ausgangspunkt für alle relativen Höhenbestimmungen wichtig ist und da andererseits beim Plansee sowohl wie beim Heiterwangersee voneinander abweichende Angaben zu finden sind, wie die folgende Zusammenstellung zeigt; es soll versucht werden ihre Genauigkeit zu prüfen und sie auf ein richtiges Maß zurückzuführen.

	Meereshöhe in m.	
	Plansee	Heiterwangersee
Peucker 1896[1]	972	976
Halbfaß 1904[2]	972	976
Ritters Geogr. Stat.-Lex. 1905/6 . , . .	975	976
Öst. Karte 1:75000	976	979
Bayer. Karte 1:50000	976 (975)	(976)

Halbfaß dürfte seine Zahlen von Peucker übernommen haben; woher dessen Angabe stammt, ist mir nicht bekannt. Am zuverlässigsten, weil auf Messungen beruhend, sollten die Zahlen der österreichischen Generalstabskarte sein. Als offiziell geltende Höhen werden in Österreich nach dem reambulierten Originalaufnahmsblatt des militärgeographischen Instituts 1:25000 für den Plansee 976 m, für den Heiterwangersee 979 m über dem Mittelwasser der Adria bei Triest angegeben[3]). In die Grenzblätter der bayerischen Karte sind die auf österreichischem Gebiet befindlichen österreichischen Höhenmessungen unverändert übernommen worden[4]). Auf Blatt Sonthofen Ost finden wir daher die Höhenzahl 976 für den Planseespiegel richtig verzeichnet. Die Kote 975 auf Blatt Mittenwald West beruht ebenso wie noch zwei andere abweichende Höhenzahlen des Gebiets auf Fehlern beim Gravieren, die nunmehr beseitigt worden sind[4]). Für den Heiterwangersee ist keine eigene Höhenzahl gegeben, P. 980 an seinem Ausfluß ist eine Landkote; für ihn wird ebenfalls 976 m Höhe angenommen; eine Differenz von 3 m sei höchst unwahr-

[1]) Geogr. Zeitschrift 1896. II. S. 606.

[2]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin 1903. S. 592, 706, 784. 1904. S. 204.

[3]) Mitteilung des Hydrograph. Zentralbureaus, Wien.

[4]) Mitteilung des Topograph. Bureaus, München.

scheinlich, da die beiden Seen durch einen Kanal verbunden seien, auf dem Motorboote verkehren[1]).

Diese Mitteilungen des Topographischen Bureaus bestätigten vollauf die Erkundigungen, die ich vorher schon beim Leiter Straub des seit 1902 bestehenden Elektrizitätswerkes Reutte eingezogen hatte. Diese hatten mich bereits zu dem Resultat geführt, daß nur eine von den beiden österreichischen Zahlen, vermutlich die des Plansees, auf Messung fußend richtig sei, daß dagegen die des Heiterwangersees auf Schätzung beruhe.

Die von Straub erhaltenen Aufschlüsse sind kurz folgende: Plansee und Heiterwangersee sind seit dem Sommer 1907, wie oben erwähnt, durch einen Kanal verbunden, der einen geregelten Abfluß ermöglichen soll; den gleichen Zwecken dient ein am Ende des kleinen Plansees 1908 erbautes Stauwerk. Vor diesen Regulierungen wurde durch ein genaues Nivellement festgestellt, daß der Spiegel des Plansees 99,19, der des Heiterwangersees 99,85 m über dem Elektrizitätswerk liege. Dieses befindet sich am Archbach an der Stelle der Karte, wo die Bezeichnung „Papier-Fabrik" steht. Der Höhenunterschied zwischen den zwei Seen betrug demnach 66 cm. Heute sind die Spiegel beider Seen ziemlich gleich; geringe Differenzen, die jedoch nicht ins Gewicht fallen, treten dann ein, wenn am Archbach die Schleusen sehr weit geöffnet werden oder wenn nach sehr starken Niederschlägen oder bei Schneeschmelze im Heiterwangersee, der bei weniger Fläche weit größere Wasserzufuhr hat als der Plansee, ein kleiner Wasserstau entsteht, den der Kanal nicht sofort bewältigen kann.

Endlich seien noch folgende Erwägungen angeführt, die ebenfalls eine Niveaudifferenz von 3 m als unmöglich erscheinen lassen: Die Länge des Kanals beträgt ca. 330 m, während die Länge des früheren Achenbaches vielleicht 400 m gewesen sein mag. Dieses ergibt bei angenommen 3 m Niveauunterschied ein Gefälle von 0,75 %. Wenn wir damit das Gefälle des Lechs bei Reutte mit 0,5 % oder das der Isar bei München mit 0,25 % vergleichen, also zweier reißender Gebirgsströme, so müßte der Bach, der das versumpfte Stück Land zwischen den zwei Seen früher in mehreren Windungen langsam durchmaß, wovon noch heute einige Altwasser nördlich vom Kanal Zeugnis geben, mit drei-

---

[1]) Mitteilung des Topograph. Bureaus, München.

mal so großem Gefälle als die Isar bei München in den Plansee geströmt sein. Daß sich dann wohl ein ansehnliches Erosionsbett gebildet hätte, ist selbstverständlich. Im Kanal vollends müßte dann heute das Wasser mit 0,9 % Gefälle fließen, wogegen natürlich Motorboote, geschweige denn Ruderboote unmöglich anfahren könnten.

Diese unsre weitschweifigen Ausführungen beweisen zur Genüge, daß ein Niveauunterschied von 3 m und erst recht ein solcher von 4 m, wie ihn Peucker und Halbfaß angeben, ad absurdum zu führen ist. Bei 66 cm Differenz dagegen, wie sie vor dem Kanalbau bestanden hat, erhalten wir bei 400 m Lauflänge des Achenbachs 0,16 % Gefälle, was wohl den tatsächlichen Verhältnissen entspricht. Diesen ist die Angabe in Ritters Geogr. Statist. Lexikon 1905/6 am meisten nahegekommen.

Heute muß für den Plansee sowohl wie für den Heiterwangersee die gleiche Seehöhe von 976 m nach österreichischer Messung angenommen werden. Um diese mit den auf N.N. bezogenen bayerischen Höhenzahlen in Einklang zu bringen, müßten 0,7 m in Abzug gebracht werden, so daß wir 975,3 m über N.N. erhalten würden[1]).

Der tiefsten Senke unseres Gebiets, dem Planseespiegel, stellen wir als größte Erhebung die Spitze des Roten Steins im Süden gegenüber, die mit 2369 m sich 1393 m über jenen aufschwingt. Die zwischen diese Extreme sich einschaltenden Höhen der einzelnen Bergketten und die Tiefenverhältnisse der Talzüge werden wir bei der Besprechung der horizontalen Gliederung kennen lernen.

Horizontale Gliederung.

Entsprechend der schon oben erörterten Zugehörigkeit zu zwei großen Gruppen der nördlichen Kalkalpen vereinigt das Planseegebiet in sich auch die diesen beiden eigentümlichen Merkmale. Während nämlich in den Nordtiroler Kalkalpen die einzelnen Ketten eine genau westöstliche Streichrichtung haben, macht diese in den Lechtaler Bergzügen mehr einer etwa vom Arlberg ausgehenden WSW—ONO-Richtung Platz. Gerade am Planseegebiet vollzieht sich dieses allmähliche Umschwenken zur reinen WO-Richtung.

[1]) Vgl. hierzu: A. Heller, Die Herstellung der Karten im Topographischen Bureau des kgl. bayer. Generalstabes. München 1900. Kgl. bayer. Kriegsministerium.

Durch die tiefen Längstalfurchen des Hintertorentals (1000 bis 1100 m) und des Heiterwangersee-Planseetals (976 m) können wir das Gebiet in drei große Gruppen oder Ketten zerlegen, die im allgemeinen parallel zueinander westöstlich verlaufen und treppenartig in der Richtung von Norden nach Süden an Höhe gewinnen. Die westlichen und östlichen Begrenzungen dieser Ketten können wir vernachlässigen, da sie als nicht ins Planseegebiet fallend für unsere Zwecke geringe Bedeutung haben; es sei nur erwähnt, daß als Hauptlinien die großen Tiefenzüge des Lech und der Loisach in Betracht kommen.

Die südlichste höchste Kette, gekennzeichnet durch die Gipfelpunkte Suwalspitze—Roter Stein—Gartnerwand, erhebt sich im Mittel bis auf 2300 m, so daß also der Kulminationspunkt des Roten Steins über die Kammlinie kaum nennenswert herausragt. Wir nennen diese Kette „Rote Steingruppe". Ihre nördliche Begrenzung bildet das Hintertorental westlich bis Bichlbach und der von hier über Berwang zum Rotlech verlaufende Tiefenzug des Talbachs. Diese Linie hat insofern Berechtigung, als einerseits das Hintertorental nordwestlich Bichlbach einen entschiedenen Quertalcharakter annimmt und andrerseits die Kette des Roten Steins in ihren nördlichen Teilen ein zusammenhängendes Liasgebiet darstellt, das sich nach WSW noch weit verfolgen läßt, während nördlich des Hintertorentals und des Berwanger Talbodens sich im wesentlichen nur Hauptdolomit bezw. Plattenkalk findet.

Die zweite weiter nördlich gelegene Kette, vom Thaneller über den Axljochberg, Zingerstein, Blattberg zum Ups verlaufend, besitzt eine durchschnittliche Höhe von 2200 m und wird im Süden von der vorerwähnten Linie, im Norden vom Heiterwangersee und Plansee begrenzt. Ihr höchster Gipfel ist der Thaneller (Abb. 1, Tafel 27) mit 2343 m, die übrigen Spitzen erheben sich sämtlich über 2000 m. Die tiefe und breite Senke des Hintertorentals zwischen Bichlbach und Heiterwang unterbricht die „Zingersteingruppe", wie wir sie nach dem zentral in unserem Gebiet gelegenen Berg (2205 m) nennen wollen. Aus Hauptdolomit bezw. Plattenkalk bestehend setzt sie sich ebenfalls nach WSW als kompaktes Dolomitmassiv fort.

Die dritte nördlichste Kette, die wir nach ihrer höchsten Erhebung, den Geierköpfen (2165 m), als „Geierkopfgruppe" be-

zeichnen wollen, sehen wir im Süden begrenzt durch die Längstallinie des Heiterwangersees und des Plansees, während im Norden das obere Ammertal und seine wenig ausgesprochene westliche Fortsetzung im Schützensteig-Pöllatbach die Grenze bilden. Diese Kette umfaßt Berge mit durchschnittlich 1800 m Gipfelhöhe — Tauernberg, Zwieselberg, Soldatenköpfe, Kreuzkopf, Geierköpfe; das vorherrschende Gestein ist Hauptdolomit. Als außerordentlich typisches Quertal, das glazial ausgestaltet und teilweise durch spätere Erosion von scharfen Einschnitten durchsägt ist, fällt hier der genau nordsüdlich verlaufende Durchbruch des Erzbachs auf, der im Norden in das Längstal der Ammer übergeht.

Das Ammertal als Grenze würde eigentlich die Erwähnung und Aufstellung einer weiteren Kette im Norden an der Hochplatte (2081,6 m) erfordern, bei der Kleinheit jedoch des in Betracht kommenden Gebietes und dessen Unwichtigkeit kann dies vernachlässigt werden.

Unser Hauptinteresse wird sich auf die Betrachtung der Tiefenlinien des Planseegebiets konzentrieren, da wir sehen werden, daß lediglich sie es sind, die uns die Möglichkeit an die Hand geben die Erscheinungen der Eiszeit in bestimmte Beziehungen zueinander zu setzen; auf den Höhen der Berge kann davon keine Rede sein, da die Formen überall unter starker Zerstörung gelitten und nur selten sich einigermaßen rein erhalten haben. Neben dem Hintertorental, das nicht nur selbst wegen seiner starken Schuttfüllung, sondern auch wegen seines im Talbach sich weit verzweigenden Zuflußsystems Beachtung erfordert, zieht natürlicherweise das heute von den beiden Seen erfüllte Längstal das Hauptaugenmerk auf sich. Das Planseetal stellt die natürliche Fortsetzung des Hintertorentals dar und der See erweist sich in seiner heutigen Ausdehnung als sekundäres Gebilde, aufgestaut zum größten Teil durch eine Schuttschwelle im Osten.

Penck[1]) bezeichnet das Planseetal als ein Stück des weiten Längstales, das die beiden südlichen Hauptketten der Nordtiroler Kalkalpen (Wetterstein-Mieminger, Karwendel) nördlich begrenzt; in ihm fließen Loisach und Isar ein Stück weit. Diese Talflucht läßt sich „westwärts über den Plansee bis zum Lechtale verfolgen“. Die Verbindung dieses Längstals mit der bayerischen

[1]) V.D.A. S. 66.

Hochebene erfolgt durch eine Reihe von Pforten, von denen für uns die des Ammertals in Betracht kommt. Durch den Erzbach, das einzige größere Seitental des Plansees, steht jenes mit unserem Gebiet in enger Beziehung.

Aus den Tälern des Planseegebiets gelangen wir auf allen Seiten mit nur geringem Anstieg in die Nachbargebiete hinüber. Das Hintertorental fällt bei Lähn mit einer Scheitelhöhe von 1130 m langsam zum Lermooser Becken (970 m) ab, im Osten bei Heiterwang ist der Paß Ehrenberg (1030 m) die Pforte zum Lechtal, das etwa 180 m tiefer gelegen ist. Einen wichtigen Übergang bildet der Talboden von Berwang (1350 m), der zum Rotlech und damit zum Lechtal überleitet. Eine weitere Verbindung mit dem Lechtal besteht durch den Einschnitt des Archbachs, der den Plansee und dadurch das ganze Gebiet entwässert. Im Norden kommen wir über den Ammerwaldpaß in 1110 m Höhe ins Gebiet der Ammer. Im Osten bereitet die Verbauungsschwelle des Plansees (1000 m) dem Übergang ins Neidernach-Loisachtal keine sonderlichen Schwierigkeiten. Die Tiefenzüge sind die Stätten der menschlichen Ansiedelungen und ihnen folgen die Verkehrswege. Das Hintertorental nimmt naturgemäß als direkte Verbindung zwischen Lech und Loisach die erste Stelle ein, ihm folgt die Hauptverkehrsstraße von Reutte nach Lermoos-Fernpaß—Inntal und neuerdings der Schienenstrang, der Reutte mit Garmisch-Partenkirchen verbindet; in ihm liegen die meisten Dörfer unseres Gebiets: Heiterwang, Bichlbach, Wengle, Lähn. Die übrigen Dörfer liegen sämtlich im Talbachsystem: Berwang, Gröben, Stockach, Bichlbächle. Auch dem Plansee-Erzbachtal folgt eine wichtige Straße; die menschlichen Niederlassungen beschränken sich hier nur auf Einzelsiedelungen. Es wäre interessant, auf diesen letzteren Gegensatz, der sich weit über unser Gebiet hinaus überallhin deutlich verfolgen läßt, — Einzelsiedelungen im Norden, Dörfer im Süden bis zu großen Höhen, getrennt durch die Linie des Hintertorentals — näher einzugehen, es liegt dies jedoch nicht im Rahmen unserer Arbeit.

Wir sehen, daß das Planseegebiet eine eigenartige Stellung einnimmt: Zum Lechsystem gehörig, aber seinem ganzen Wesen nach dem Loisachgebiet weit näher verwandt; einesteils isoliert als Hochwarte über dem Tiefenzug des Lech, dem es doch tributär ist, andernteils in weit engerer und leichterer Verbindung mit der

Loisach. Wir werden später sehen, daß diese Doppelstellung nur dadurch eintreten konnte, daß durch die in der Eiszeit entstandene Verbauung des Plansees eine vollständige Änderung der Verhältnisse hervorgerufen wurde. Durch diese wurde das ganze ursprünglich zur Neidernach nach Osten entwässerte Gebiet dem Lech tributär: Es mußte der Einschnitt des Archbaches entstehen, der nun den neu entstandenen See nach Westen entwässerte.

Die gewaltigen Berge und tief zu ihren Füßen der herrliche See, sie bedingen die vielgepriesene landschaftliche Schönheit des Planseegebiets (Abb. 1, Tafel 27). Eine ernste, ruhige Schönheit ist es, die dieser Kontrast zwischen senkrecht sich zu schwindelnder Höhe auftürmenden, rauh zerrissenen Bergformen und der in sie gebetteten spiegelnden Fläche des Sees hervorruft; kein lachendes, frohes Bild, wie es die Vorlandseen im Verein mit den sie umrahmenden sanften Hügelreihen bieten. Tausende von Besuchern lockt der Plansee alljährlich an seine Ufer. Meist aber eilen sie schnell vorüber, denn die ganze Gegend ist noch wenig erschlossen; nur auf wenige Berge, wie auf Thaneller und Roten Stein, führen gebaute Wege, die andern müssen weglos oft in mühsamem Steigen bezwungen werden. Dazu kommt, daß besonders in den nördlichen Teilen die dichte Bewaldung eine Orientierung ungemein erschwert.

Zufluß und Abfluß.

Die Betrachtung der Talzüge erlaubte uns bereits Schlüsse auf die Größenordnung der sie durchmessenden Wasserläufe zu ziehen.

Obwohl Plansee und Heiterwangersee eine morphologische Einheit bilden, müssen wir doch bei der Besprechung der Zuflüsse eine Unterscheidung einführen, da die beiden Seen nun einmal voneinander getrennt sind und ein verschieden großer Zufluß sich je nach der Fläche des Sees im Wasserstand verschieden äußern muß. Der kleinere Heiterwangersee weist ein weit größeres direktes Einzugsgebiet auf als der größere Plansee. Wir sahen, daß das gesamte Planseegebiet 114,4 qkm umfaßt; eine Trennungslinie, die vom Tauernberg zum Faselberg (P. 1971) verläuft, teilt dem Heiterwangersee rund 69, dem Plansee nur rund 45,5 qkm zu. Zu ihren Entwässerungsflächen verhalten sich

die Fläche des Heiterwangersees wie 1:50, die des Plansees wie 1:15, die der beiden Seen zusammen wie 1:26. Das größere Einzugsgebiet und die relativ kleine Fläche des Heiterwangersees machen es klar, daß dieser früher vor dem Kanalbau, als nur der ungenügende Lauf des Achenbaches zum Abfluß zur Verfügung stand, größere und schnellere Wasserstandsänderungen aufgewiesen haben muß als der Plansee. Heute sind, wie schon einmal erwähnt, die Verhältnisse soweit geregelt, daß selbst sehr starker Zufluß kaum nennenswerte Differenzen hervorrufen kann.

Den Hauptzufluß, gegen den die vom Erzbach gelieferten Wassermengen unwesentlich sind, erhält der Plansee aus dem Heiterwangersee. Der Erzbach verschwindet schon nach kurzem Lauf bei Ammerwald unter riesigen Schuttmassen, dann fließt er ständig bis über die Torsäulen hinaus um hier endgültig zu versickern und nur bei großer Wasserfülle den See zu erreichen. Seine nicht unbeträchtlichen Wassermassen gehen für gewöhnlich dem Plansee unterirdisch zu. Bei Hochwasser führt er gewaltige Schuttmengen mit sich und nur zu oft fallen die Straßenbauten seiner zerstörenden Kraft zum Opfer. Andre nennenswerte Zuflüsse besitzt der Plansee nicht.

Der Heiterwangersee empfängt seinen Hauptzufluß durch den das Hintertorental durchmessenden Grundbach, der durch den Talbach auch den ganzen südlichen Teil unseres Gebietes entwässert. Trotz seiner großen Wasserfülle versickert jedoch der Grundbach für gewöhnlich etwa 4 km vor der Mündung unter den das Hintertorental erfüllenden Schuttmassen und nur nach großen Regengüssen und zur Zeit der Schneeschmelze finden seine Gewässer den Weg bis zum See. Ständiger Zufluß besteht nur im Mühlbach (auf der Karte unbenannt), der nördlich vom Dorfe Heiterwang in verschiedenen starken Quellen entspringend nach kurzem Lauf als großer Bach in den See mündet; dieser kann nach der ganzen Lage der Dinge nur der wieder zutage tretende oberhalb versickerte Grundbach sein, da es nicht ersichtlich ist, woher sonst die beträchtlichen Wassermengen stammen sollten. — Weiteren nennenswerten Zufluß erhält der Heiterwangersee nur noch im Pitzenbach, der jedoch schon bald nach dem Ursprung im eigenen Schutt versickert und nur zur Zeit starker Wasserführung den See erreicht.

Das Planseesystem wird zum weitaus größten Teil vom

Archbach, dem Ausfluß des Sees, zum Lech hin entwässert; auf seinem Weg dorthin bildet er die bekannten Stuibenfälle, durch die die hohe Steilstufe zum Lechtal überwunden wird. Daneben kommt nur sehr wenig die Wasserabfuhr in Betracht, welche durch Quellen geschieht, die am Ostende des Sees aus dem Ostabfall der Verbauungsschwelle hervortreten. Ihr Wasser muß den geologischen Verhältnissen nach zu urteilen aus dem Plansee stammen. Die zahlreichen, alle in gleichem Niveau entspringenden Quellen haben das lockere Material der Schwelle bereits stark zerstört und man wird mit einiger Sicherheit voraussagen können, daß bei weiterem verstärkten Fortschreiten ihrer Tätigkeit der Plansee wieder einmal nach Osten entwässert werden wird. Die Erosion der heutigen Abflußfurche des Archbaches kann trotz unendlich größerer Wasserfülle nicht so rasch fortschreiten, weil sie anstehendes Gestein bearbeiten muß.

Das Stauwerk am Ausfluß des Plansees, bezw. der sich daran anschließende Werkkanal, gibt uns ein bequemes Mittel an die Hand die Abflußmengen zu bestimmen, ebenso wie wir im Verbindungskanal den Zufluß zum Plansee berechnen können. Während sich beim Abfluß die folgenden Angaben auf Mitteilungen stützen, die ich von dem Leiter des Elektrizitätswerks Reutte Straub erhalten konnte, habe ich im Zuflußkanal mehrere Messungen der Wassergeschwindigkeit vorgenommen, aus denen wir bei bekanntem Querschnitt des Kanals die Zahl der Sekundenkubikmeter mit annähernder Genauigkeit berechnen.

Abflußmenge des Plansees in Sekundenkubikmetern nach Straub (Mittelzahlen, stark abgerundet):

Anfang März — Mitte Mai	4
Mitte Mai — Mitte August	10
Mitte August — Mitte Oktober	6
Mitte Oktober — Mitte November	3
Mitte November — Mitte Dezember	2
Mitte Dezember — Mitte Februar	1,2
Mitte Februar — Anfang März	2

Die Ziffer für Mai bis August kann besonders gegen Ende Mai zur Zeit der Schneeschmelze eine gewaltige Steigerung bis 25—30 cbm erfahren. Die Verhältnisse der einzelnen Zahlen untereinander halten sich durchaus in den Grenzen dessen, was bei unsern Alpenseen als normal gilt.

Zuflußmengen zum Plansee nach Messungen im Kanal.

Datum 1911/12	Wassergeschwindigkeit in Sek. pro 10 m	in 1 Sek. ? m	in 1 Sek. ? cbm
4. XI.	40	0,25	2,8
18. VIII.	15	0,67	7,5
1. X.	16	0,63	7,1
7. X.	18	0,56	6,3

Der Kanal hat eine Sohlenbreite von 6 m, eine durchschnittliche Wasserstandshöhe von 1,6 m und eine durchschnittliche Breite im Wasserspiegel von 8 m. Das ergibt einen durchschnittlichen Querschnitt von 11,2 qm. Da ich keine Wassertiefenmessungen vorgenommen habe, wurde der Durchschnittswert der Berechnung zugrunde gelegt, weshalb sich besonders bei höherem Wasserstand sehr wohl größere Zahlen ergeben können. Unsere Zahlen geben für den Zufluß zumeist größere Werte als Straubs Angaben für den Abfluß. Wenn man das Wasser des Erzbaches noch zum Zufluß hinzurechnet, so erhält man einen beträchtlichen Überschuß über den Abfluß, dessen Verschwinden wohl der Verdunstung im Bereiche des Sees zuzuschreiben ist. Allerdings muß der Abfluß an der Planseeverbauung berücksichtigt werden und der Umstand, daß die Straubschen Zahlen Werte sind, die nach seiner Angabe häufig eine gewaltige Steigerung, selten aber eine Minderung erfahren.

1. b) Morphographie des Seebeckens.

Wie schon eingangs erwähnt wurde, haben die Tiefenverhältnisse des Plansees seit Geistbeck keine kartographische Darstellung mehr gefunden, weshalb notwendigerweise dessen Tiefenkarte als Grundlage für unsere Arbeiten verwendet werden mußte. Ein Vergleich mit der bayerischen und der österreichischen Generalstabskarte, besonders aber eine Uferbegehung erwies jedoch schnell die Unmöglichkeit auf jener die neuen Lotungen aufzubauen. Geistbecks Karte hat den Charakter einer Skizze und eine einigermaßen genaue Orientierung bezw. Festlegung von Fixpunkten ist bei ihrer generalisierenden Darstellungsweise ausgeschlossen. Daß es aber ungerechtfertigt wäre, entsprechend dem Zweck der Geistbeckschen Arbeit, größere Genauigkeit

von der Karte des Plansees, ebenso wie von denen der andern Seen, zu fordern, konnten wir bereits ausdrücklich betonen. Wenn wir unsere Lotungsmethode sowie die Konstruktion der Tiefenkarte besprochen haben, werden wir auf einen Vergleich unserer Karte mit der von Geistbeck näher eingehen.

Lotungsmethode.

Als Vorlage für die neu zu zeichnende Umrißkarte des Plansees (Tafel 25) dienten die österreichischen Katasterblätter, die vom K. K. Katastral-Mappenarchiv in Innsbruck bezogen wurden Die als Meßtischaufnahme nach vorhergehender Triangulierung erfolgte österreichische Katastralvermessung 1 : 2880 ist die Grundlage der Generalstabskarte[1]). Die Katasterblätter stellen demnach wenigstens in bezug auf Umrißformen das Genaueste dar, was man verlangen kann. Nach diesen wurde zuerst eine Reduktion auf 1 : 6250 konstruiert; eine Vergrößerung derselben auf 1 : 12500 erwies sich jedoch als für alle Zwecke ausreichend, weshalb dieser Maßstab endgültig beibehalten wurde.

Eine Begehung der Ufer der Seen sowie ein Befahren mit dem Kahn ergab die fast absolute Übereinstimmung der neuen Karte mit der Natur. Einige kleine Details mußten noch korrigiert werden. (Vgl. auch Abb. 2 Tafel 27 mit der Karte Tafel 25).

Da die Lotungsprofillinien möglichst gleichmäßig über den ganzen See verteilt werden sollten, galt es nun am Ufer eine ausreichende Zahl von Fixpunkten festzulegen, die vom See aus leicht sichtbar die Endpunkte der Profile sein würden. Es genügt nicht diese Arbeit nur durch eine Begehung des Ufers auszuführen, sondern es ist unbedingt nötig vom Boote aus sich einen genauen Überblick über die Ufergestaltung zu verschaffen und sich alle Merkmale genau einzuprägen, damit man beim Abfahren des Lotungsprofils stets außer allem Zweifel über die Lage der Fixpunkte ist. Gerade bei einem See wie dem Plansee, wo bei der dichten Bewaldung ein auffallender Punkt oft sehr schwer festzulegen ist, erfordert diese Tätigkeit besondere Sorgfalt; häufig muß man sich hier aut ganz geringfügige Merkmale verlassen.

Im ganzen konnten 59 Punkte — 44 am Plansee und 15 am Heiterwangersee — bestimmt und mit Sicherheit in die

[1]) Mitteilung des Katastral-Mappenarchivs Innsbruck.

Karte eingezeichnet werden. Ein kleiner Spielraum ist natürlich durch die jeder Zeichnung anhaftenden Fehler gegeben, doch dürfte er 5 m in der Natur (0,4 mm auf der Karte) nirgends überschreiten. Die Entfernung der einzelnen Fixpunkte untereinander beträgt nirgends mehr als 500 m, meist nur 3—400 m.

In der folgenden Tabelle sind sämtliche Fixpunkte zusammengestellt und mit einigen Worten kurz beschrieben, so daß sie von jedermann bei genauer Betrachtung der Uferbildung wieder aufgefunden werden können; nur so ist es möglich kontrollierende oder ergänzende Messungen auszuführen. Der Bemerkung Ules (Würmsee S. 35). daß „der Mangel ausreichender Angaben sich bei nachträglichen ergänzenden Messungen sehr störend geltend mache“, können wir nur zustimmen. Auch am Plansee konnten die Lotungen Geistbecks hauptsächlich infolge der gänzlich veränderten Zeichnung der Ufergestaltung nicht genau mit den neuen verglichen werden.

a) Plansee.

1. Gasthof Forelle. Alte Motorbootlände.
2. Mündung des Erzbaches.
3. Großer Weidenstrauch 5 m vom Ufer.
4. Alte Weide neben drei jungen Tannen.
5. Landvorsprung. Murgang.
6. Innerste Bucht. Schilf.
7. Junge Tannen am Ufer.
8. Großer Schuttkegel des Murganges.
9. Bank am Ufer.
10. Brunnenhäuschen.
11. Vorsprung. Bank. Gruppe von vier Föhren.
12. Laubbäume zwischen Tannen.
13. Bucht. Großer Felsblock.
14. Großer Weidenstrauch. Von Osten her der erste.
15. Innerste Bucht. Waldblöße.
16. Mündung des Spießbaches. Westliche Waldgrenze.
17. Kleiner Vorsprung. Kleine dichte Föhren.
18. Innerste Bucht.
19. Großer abgestorbener Baumstumpf.
20. Innerste Bucht. Hütte.
21. Vorsprung. Große abgestorbene Tanne.
22. Ostende des Kanals.
23. Zaun. Daneben Murgang.
24. Bank. Davor zwei größere Föhren, eine davon gegabelt.
25. Tanne im Murgang. Daneben Bank vor zwei großen Tannen.
26. Hütte mit Tisch und Bank.

27. Tisch und Bank.
28. Vorsprung.
29. Bucht. Telephonstange 122/07.
30. Zaun mit Gatter.
31. Gasthof Seespitz. Motorbootlände.
32. Teleph. 9/07. Westlich davon Tannenreihe.
33. Scharfer Landvorsprung.
34. Innerste Bucht. Schilf. Zwischen Teleph. 32/07 und 33/07.
35. Vorsprung. Zwischen Teleph. 46/07 und 47/07.
36. Innerste Bucht. Teleph. 56/07.
37. Teleph. 68/07.
38. Bucht. Seemauer. Westlich daneben Teleph. 74/07.
39. Kaiserbrunnen.
40. Hütte im See.
41. Mitte zwischen Teleph. 102/07 und 103/07.
42. Innerste Bucht. Zwischen Teleph. 110/07 und 111/07.
43. Murgang. Vorsprung. Teleph. 120/07.
44. Vorsprung. Teleph. 128/07.

b) Heiterwangersee.

45. Westende des Kanals.
46. Mündung des Pitzenbaches. Nordgrenze des Murganges.
47. Vorsprung.
48. Vor einer Hütte.
49. Zaun.
50. Innerste Bucht. Mehrere alleinstehende große Tannen.
51. Schuttkegel des Murganges.
52. Vorsprung. Schief in den See hinausstehende Tanne
53. Zaun.
54. Mündung des Grundbaches.
55. Gasthof Fischer am See. Motorbootlände.
56. Innerste Bucht. Waldblöße.
57. Zwei große Föhren mit mehreren kleinen Tannen darunter.
58. Schuttkegel des Murganges.
59. Zaun.

Für die Auslotung des Sees sind damit alle nötigen Vorbereitungen getroffen. Es sei hier nur kurz das bei der Lotung angewandte Verfahren beschrieben. Da nur mit sehr einfachen Hilfsmitteln gearbeitet werden konnte, darf das folgende nicht als ein Beitrag zur Lotungsmethode in der Seenkunde betrachtet werden, sondern nur als notwendige Erläuterung zum Verständnis der Tiefenkarte. Es soll daher auch nicht näher darauf eingegangen werden, welche Kritik die hier angewandte Methode bei den verschiedenen Autoren gefunden hat.

Nachdem die Uferfixpunkte festgelegt waren, wurden zu-

nächst auf der Karte die Lotungsprofile gleichmäßig über den See hin verteilt. Entsprechend der langgestreckten schmalen Form des Plansees kamen nur Querprofile in Betracht, die, wo es nötig schien, auch in mehr oder weniger spitzem Winkel vom Ufer gezogen wurden und sich des öftern mit andern kreuzten. Dieses ermöglicht neben einigen Längsprofilen eine vorzügliche Kontrolle der Richtigkeit der vorausgegangenen Messungen.

Die Auslotung der beiden Seen erfolgte im September und Oktober 1912 in zusammen acht Arbeitstagen. Sie wurde in zwei getrennten Teilen vorgenommen, die als Profillotung und als Uferlotung bezeichnet werden sollen.

Der Lotapparat besteht aus einer in Lagern ruhenden hölzernen Seilrolle von 30 cm Breite und genau 1 m Umfang, auf welcher der Stahldraht aufgerollt ist; dieser läuft über ein in der Gabel einer vorspringenden Stange befestigtes eingekerbtes Rädchen, das als Gleitrolle dient. Durch leichtes seitliches Verschieben der Stange kann es verhindert werden, daß beim Aufwinden der Draht sich übereinander aufrollt. An der Seilrolle sind farbige Marken am Rande angebracht, die eine genaue Längenbestimmung des abgelaufenen Drahtes bis auf $^1/_4$ m gestatten. Noch größere Genauigkeit wäre leicht zu erzielen gewesen; diese ist aber, wie Ule (Würmsee S. 32) mit Recht ausführt, gänzlich unnötig, da ja selbst bei der besten Lotung immer noch kleine Fehlerquellen vorhanden sind. Es wurden daher von uns alle Werte auf halbe Meter abgerundet. — Die Lotungen wurden mit verzinktem Stahldrahtseil von 1,5 mm Durchmesser ausgeführt; dieses hat sich vorzüglich bewährt und ist für die Messungen an unsern Seen, die ja keine so großen Tiefen aufweisen, unbedingt zu empfehlen. Es hat ein etwas größeres Gewicht als der gewöhnlich angewandte Klaviersaitendraht, dafür aber den Vorzug leichter Biegsamkeit; beim Klavierdraht ist gerade die Gefahr des Reißens sehr groß, wenn einmal ein leichter Knick vorhanden ist. — Das Lotgewicht hatte eine Schwere von $2^1/_4$ kg und ermöglichte ein schnelles Absinken zur Tiefe.

Dieser ganze einfache Apparat, dessen wesentlichste Teile Herr Dr. Dieckmann in München mir freundlichst zur Verfügung gestellt hatte, war zwar etwas umfangreich und umständlich zu handhaben, er ermöglichte jedoch eine vollständig ausreichende und genaue Auslotung.

Der Lotungsvorgang selbst geschah in folgender Weise: Wenn das herabgelassene Lot den Boden berührt hatte, was sich sofort am Stillstehen der selbstätig ablaufenden Seilrolle und an der Lockerung der straffen Leine kundgab, wurde der Draht stramm angezogen und die Einstellung der Seilrolle an den Marken genau dem Gedächtnis eingeprägt; dann zählte man beim Aufwinden die ganzen Umdrehungen, bis das Lot wieder am Wasserspiegel erschien. Die Ab- oder Aufrundung auf halbe Meter mit Hilfe der farbigen Marken an der Seilrolle wurde dabei sofort vorgenommen. Zur Kontrolle wurden die ganzen Umdrehungen auch beim Ablauf stest mitgezählt. Eine Lotung bis in die größten Tiefen von über 70 m nahm etwa 2—$2^1/_2$ Minuten in Anspruch.

Profillotung.

Die Profillotung besteht darin, daß eines der vorherbestimmten Profile abgefahren wird und in gewissen Abständen Lotungen vorgenommen werden. Die Hilfsmittel, welche bei größeren Seen zur Einhaltung der Fahrtrichtung unbedingt nötig sind, Winkelspiegel und Peilkompaß, waren für uns überflüssig, da bei der geringen Ausdehnung des Plansees die Fixpunkte stets deutlichst sichtbar waren und bei einiger Fertigkeit in der Bootsführung die einmal eingeschlagene Richtung stets genau eingehalten werden konnte. Die Festlegung der Lotungsstellen erfolgte durch Zählen der Ruderschläge, eine Methode, auf die trotz oder gerade wegen ihrer Einfachheit immer wieder zurückgegriffen wird, obwohl sie offenkundige Nachteile und Fehler hat; es kann hier nicht näher auf diese eingegangen werden. Der Abstand zwischen zwei Lotpunkten betrug zumeist 20 Ruderschläge, manchmal jedoch auch 40 und 60. Bei manchen Strecken, wo es nicht so sehr auf eine möglichste Dichte der Lotungen ankam, wurden auch Abstände von 20 und 40 Ruderschlägen kombiniert, indem am Ufer die Lotungen in engeren, in der Seemitte in weiteren Zwischenräumen erfolgten. Die Zahl der Ruderschläge vom letzten Lotpunkt des Profils bis zum Endpunkt wurde sorgfältig gezählt und auf 5 abgerundet.

Die Auslotung wurde von uns allein ohne Hilfe vorgenommen. Die Lotmaschine war im Boot so aufgestellt, daß sie vom Rudersitz aus leicht erreicht werden konnte und man zur Vornahme der Lotung nur aufzustehen brauchte. Nach unserer Erfahrung

ist es gerade bei kleineren Seen das allerbeste Beobachter und Ruderer in einer Person zu sein, da der Beobachter das richtige Verständnis für seine Arbeit hat und weit mehr in der Lage ist einen Fehler gegebenenfalls zu korrigieren. Besonders dann, wenn keine geschulte Hilfe zur Verfügung steht und man sich auf die oft zweifelhafte Kraft eines Einheimischen stützen muß, ist Alleinarbeit dringend zu empfehlen. Wer mit der Führung eines Bootes gut vertraut ist und in gleichmäßigem Rudern einige Fertigkeit hat, wird damit stets gute Resultate erzielen. Bei der Besprechung der Genauigkeit unserer Lotungen werden wir hierauf zurückkommen.

Eine unbedingte Voraussetzung für eine genaue Profillotung, die von einem einzelnen vorgenommen wird, ist absolute Windstille. Die geschützte Lage des Plansees bewirkt, daß häufig völlige Ruhe vorhanden ist; unsere sämtlichen Lotungen wurden bei Windstille ausgeführt. Die günstigste Zeit sind die Herbstmonate. Da im Plansee Strömungen nicht vorhanden sind, ergab es sich, daß das Boot während der Lotung seinen Standpunkt überhaupt nicht veränderte und nur durch die Bewegung des ablaufenden Drahtes eine geringfügige Drehung um diesen als Mittelpunkt erlitt, die nach Beendigung der Lotung sofort leicht korrigiert werden konnte, so daß das Boot wieder genau auf die zwei Uferfixpunkte eingerichtet war.

Über den Plansee wurden im ganzen 25 Profile mit 182 Lotungen gelegt, über den Heiterwangersee 10 mit 85 Lotpunkten.

Uferlotung.

Die Uferlotung hat den Zweck die Bodengestaltung der dem Ufer zunächst gelegenen Teile des Seegrundes genauer kennen zu lernen. Richter[1]) hat zuerst darauf hingewiesen, daß „die richtige Bestimmung des Neigungswinkels der Uferböschung das wichtigste bei der Seelotung sei.“ Bei den Alpenseen setzt der steile Abfall zur Tiefe, die „Halde“, meist ziemlich scharf auf der fast ebenen Bodenfläche, dem „Schweb“, ab. Dieser Fußpunkt der Böschung rückt je nach der Größe des Sees mehr oder weniger nahe ans Ufer heran und es ist für die richtige Zeichnung der Tiefenkarte natürlich sehr wichtig, dessen Lage möglichst genau festzustellen.

[1]) Seestudien. Geogr. Abh. 1897. VI. 2. S. 3.

Die Uferlotung wurde nach den Angaben Richters in der Weise ausgeführt, daß das Boot an einer 100 m langen, am Ufer befestigten Schnur möglichst senkrecht zum Ufer hinausgeführt wurde und daß in Abständen von 20 m auf Entfernungen von 20, 40, 60, 80, 100 m vom Ufer Lotungen erfolgten.

Im Vergleich zu der doch etwas der Willkür preisgegebenen Profillotung ist die Uferlotung eine ganz absolute Methode, da an der Hand des feststehenden Maßes der Bootsort aufs genaueste bestimmt werden kann. Auch sie wird am besten bei Windstille ausgeführt; dann ist es bei einiger Praxis möglich allein zu arbeiten. Hat man jedoch eine Hilfe zur Verfügung, die durch Rudern dafür sorgt, daß die Schnur stets straff gespannt bleibt, so kann die Uferlotung auch bei Wind erfolgen.

Auf dem Plansee wurden 40, auf dem Heiterwangersee 14 Reihen zu je 5 Messungen gezogen, was 200 bezw. 70 Lotungen ergibt.

Konstruktion der Tiefenkarte.

In die in ihren Umrissen festgelegte Karte (Tafel 25) des Sees wurden die Lotpunkte auf folgende Weise konstruiert. Lag ein Profil vor, bei dem zwischen der letzten Lotungsstelle und dem Endpunkt die gleiche Entfernung war wie zwischen den übrigen Punkten, so brauchte die ganze Strecke nur durch die Zahl der Lotpunkte + 1 geteilt werden um gleiche Abstände zu erhalten. War jedoch am Ende eines Profils ein kleinerer oder größerer Abstand als zwischen den einzelnen Punkten vorhanden, dann wurde der Mittelwert für einen Ruderschlag im Maßstab der Karte für das betreffende Profil berechnet. Dieser Wert multipliziert mit der Zahl der Ruderschläge der letzten Strecke ergab das Stück, das von der ganzen Profillinie in Abzug zu bringen war. Die Reststrecke brauchte nun nur durch die Zahl der Lotpunkte des ganzen Profils geteilt werden.

Die Uferlotungen wurden im Maßstab der Karte senkrecht zur betr. Uferstelle eingezeichnet. Durch mehrfache Nachmessungen hatte es sich ergeben, daß die ursprünglich 100 m lange Schnur schon bei den ersten Messungen eine starke Zusammenziehung erfahren hatte und in nassem Zustand nur eine Länge von 87,5 m besaß. Zufälligerweise konnten diese 87,5 m sehr einfach in unserem Kartenmaßstab gezeichnet werden, indem 100 m im Maßstab 1 : 12500 = 8 mm, 87,5 m = 7 mm sind; bei 1,4, 2,8,

4,2, 5,6 und 7 mm Abstand vom Ufer lag ein Lotpunkt. Um Irrtümer zu vermeiden, empfiehlt es sich, eine längere Schnur, etwa von 113 m, zu verwenden oder sie durch Auslaugen in Kupfervitriollösung vor Verkürzung zu schützen, wie es nach Forels Vorgang von Halbfaß[1]) angegeben wurde.

Die Tiefenagaben beziehen sich auf einen Wasserstand von 34 cm am Pegel beim Gasthof „Forelle". Ein kleiner Teil der Tiefenmessungen, fast nur Uferlotungen, die am 12. September ausgeführt wurden, mußten eine Korrektur erfahren, weil damals der Wasserstand 79 cm betrug. Bei diesen wurden 0,5 m abgezogen. Die Lotungen am 29. und 30. September und am 1. Oktober wurden bei gleichbleibendem Wasserstand gemacht. Am 2. Oktober betrug dieser 32 cm, am 6., 7. und 8. Oktober 40 cm; diese kleinen Differenzen wurden vernachlässigt.

In der folgenden Tabelle ist eine Zusammenstellung aller Profillotungen gegeben; die Richtung der Profile ist aus den Zahlen zu ersehen, die auf der Karte die Fixpunkte bezeichnen (Tafel 25).

Profil	Profillänge in mm 1 : 12500	Ruderschläge zwischen zwei Lotpunkten	Zahl der Lotungen	Ruderschläge vom letzten Lotpunkt zum Endpunkt	20 Ruderschläge in mm 1 : 12500	Gemessene Tiefen m
						1. Plansee.
8—5	39,7	20	7	25	4,81	15 24 42 65 67,5 63,5 44
3 - 8	52,3	20	10	20	4,75	20 48 67 70 71 72 71,5 67,5 54 33
10—4	72	20,40	9	20	5,14	25 50 67 72 71,5 68 64 45,5 19
1—10	46,7	20	10	20	4,24	26,5 49,5 64,5 68 70 70 72 71 57,5 28
11—2	53,2	40	6	45	3,73	39 71,5 72 70,5 66 50,5
11—43	35	20	6	25	4,83	29,5 57,5 72,5 73 67 43,5
12—42	31,8	20	6	20	4,54	31,5 63 70,5 66,5 49 27
41—13	30	20	6	20	4,29	30 59 69 67,5 47 22,5
14—40	27,5	20	5	15	4,78	32 60 63 40 17
39—15	40,7	20	8	15	4,65	30 56,5 66 68 67,5 64,5 40 15,5

[1]) Tiefen- und Temperaturverhältnisse einiger Seen des Lechgebiets. Peterm. Mitt. 41. 1895. S. 225.

Profil	Profillänge in mm 1 : 12500	Ruderschläge zwischen zwei Lotpunkten	Zahl der Lotungen	Ruderschläge vom letzten Lotpunkt zum Endpunkt	20 Ruderschläge in mm 1 : 12500	Gemessene Tiefen m
37—16	22	20	4	30	4,00	26,5 51,5 57,5 47,5
17—36	32,2	40	3	45	3,90	54,5 68,5 53
35—18	40,7	20	10	20	3,70	30 58,5 73 73,5 73 72,5 68 57 41 20
19—34	67,3	20,40	11	20	4,21	20 41,5 57 68,5 76 76 76 72 61,5 39 18
33—20	95	20,40	14	25	4,09	49 65,5 70 75,5 76,5 76 75,5 74 71 65,5 53 43,5 31 18,5
23—19	57,3	20,40	11	15	3,88	24,5 50 68 72 73 74 72 67,5 60 40,5 17
19—21	43,5	20	11	10	3,78	12 16 31 45,5 57 62,5 64 60,5 44,5 20 1
21—23	35,7	20	8	20	3,97	5 24 40 55,5 64,5 60,5 40 24,5
35—22	106	60	8	60	3,93	63 76,5 76,5 76 75 72 68 22,5
24—33	36	20	8	10	4,24	25 53,5 67 69,5 68 62,5 56,5 30
25—33	41	40	4	25	4,43	16,5 30,5 22 28,5
25—32	22	20	3	10	6,29	16,5 18 3,5
30—26	20,3	10	5	10	6,77	6,5 6 5,5 5 5
27—30	17,5	10	4	10	7,00	9,5 11,5 11,5 11
29—27	20,5	10	5	10	6,84	10,5 12,5 12,5 12,5 12
						2. Heiterwangersee.
59—46	32,5	20	6	30	4,48	22,5 45 54 56 55 45
59—50	64,5	20,40	10	30	4,16	31 53 57,5 60 60 60 58 55 49 38
47—49	23	20	5	20	3,83	21,5 43 48 46 26,5
49—58	68,5	20,40	10	25	4,49	30,5 51 57,5 59,5 60 60 59 57,5 52,5 38,5
52—58	71	40	8	25	4,12	43 52 58 59,5 60 60 56,5 31
51—57	60,5	20,40	10	15	4,10	21,5 45,5 53 58 59 59 57,5 54 34,5 14
53—57	65	40	7	30	4,19	32 45 51 53,5 53 47,5 24,5
56—53	54,5	20	11	25	4,45	20,5 32,5 41 44 45,5 45 44 43,5 38,5 31 17
54—56	44	20	8	20	4,89	18,5 25,5 28 29 28,5 25,5 16 8
46—54	151	60	10	60	4,58	58,5 60 60 60 59,5 57,5 54,5 50,5 44 33

In einer weiteren Tabelle sei ein Verzeichnis der Uferlotungen (Tiefe in m) gegeben; die fortlaufenden Zahlen bezeichnen die Fixpunkte (Tafel 25).

1. Plansee.

1	12,5	23	33,5	43	50
2	10	19,5	31	40,5	49,5
3	1	9	18	28	36,5
4	7,5	17	25,5	35	43
5	11,5	22,5	31	39	48,5
6	6,5	15,5	21.5	25,5	32,5
7	8,5	19	27	35,5	44,5
8	10,5	20	31	37,5	44,5
9	12	22,5	32	41	48
10	10	19	30	40	48,5
11	8,5	17,5	26	36,5	46
12	10	19,5	29,5	40	50
13	7	14	24,5	33	42
14	11	21	32	41,5	50,5
15	8	15,5	23	29	34
16	10	21,5	31,5	41	50
17	8	18,5	29,5	40	49
18	7	14,5	22	31	38
19	6	15	23	32,5	41
20	3,5	9,5	13,5	17,5	21
21	0,5	1	8	18,5	28,5
22	4	10	12	11,5	11
23	11,5	21	32	42	45,5
24	8	18,5	29,5	40	48,5
25	6,5	10	13	16	19
28	6,5	10	10	10	9,5
31	1	1	1,5	2	4,5
32	0,5	3,5	10,5	14,5	19
33	14	33	47,5	54	61,5
34	3	11,5	20	30,5	39,5
35	10,5	21,5	32	42,5	52
36	6	14,5	22,5	29	38
37	8	18,5	29,5	39	47
38	11,5	21	30	33	42,5
39	7,5	19,5	30	40	49
40	3,5	13	22,5	27	35,5
41	7,5	21	31	43	52
42	8	17	25,5	33,5	39
43	11	24	33,5	43,5	52
44	11,5	24	34	45	60,5

2. Heiterwangersee.

45	9,5	15,5	21	27	31,5
46	10,5	18	27,5	37	43,5
48	9,5	18,5	25,5	32	34,5
49	11,5	21,5	31,5	41,5	48,5
50	9	17	24	31,5	38
51	6	14	23,5	33,5	41
52	10	20,5	30	37	43
53	6	14	22,5	28	31,5
54	13	17,5	20,5	21	24,5
55	8,5	9,5	10	10,5	11
56	8.5	16,5	19	23,5	29
57	6	13,5	20	27,5	34
58	10	19	28,5	38	45,5
59	11	21,5	31	39,5	46,5

Aus den vorstehenden Zahlen ergibt sich folgender Überblick:

	Profile	Uferreihen	Profil-lotungen	Ufer-lotungen	Summe
Plansee	25	40	182	200	382
Heiterwangersee	10	14	85	70	155
Total	35	54	267	270	537

Nachdem die Lotungspunkte alle auf der Karte festgelegt waren, konnten die Isobathen konstruiert werden. Diese sind meist nach dem Augenmaß und nach Schätzungen gezeichnet, was bei der großen Dichte der Lotungen fast immer gut möglich war und nur in zweifelhaften Fällen wurde zu dem Ausweg der regelrechten Konstruktion gegriffen. Wir halten im allgemeinen das genaue Konstruktionsverfahren für überflüssig, da ja Isobathen stets nur mehr oder weniger annähernd die tatsächlichen Verhältnisse darstellen können, und wir glauben, daß das „annähernde" Verfahren der einfachen Zeichnung das richtige meist eher treffen wird als die schematische Konstruktion.

Kritik der Genauigkeit der neuen Tiefenkarte und Vergleich mit der Geistbeckschen Karte.

Die Richtigkeit und Genauigkeit eines Lotungsprofils kann dadurch geprüft werden, daß Profile abgelotet werden, welche

das erste kreuzen; an der Kreuzungsstelle muß die gleiche Tiefe vorhanden sein oder wenigstens eine, die sich dem ersten Profil zwanglos einfügt. Unsere Profillotungen fügen sich, wie ein Blick auf die Karte lehrt, an allen Kreuzungspunkten vorzüglich zusammen. Ein weit exakteres Mittel ist die Kontrolle der Profillotungen durch die Uferlotungen. Wenn sich die ersteren richtig den letzteren einordnen, kann man bei dem geringen Spielraum, der dabei gelassen wird, wohl von einiger Genauigkeit der bei der Profillotung angewandten Methode sprechen. Mit Hilfe der Tabelle der Uferlotung kann man sich davon leicht auf der Karte überzeugen. Es muß natürlich betont werden, daß diese Genauigkeit nicht mathematisch gefaßt werden darf und daß man wohl zufrieden sein kann, wenn eine Profillotung zwischen zwei in der Natur um 17,5 m auseinanderliegenden Uferlotungen überhaupt hineinpaßt.

Der Tabelle der Profillotungen wurde auch eine Rubrik beigegeben, aus der der kartographische Wert für 20 Ruderschläge ersichtlich wird. Dieser schwankt zwischen 3,70 und 5,14. (Die vier letzten Werte des Plansees sind nicht berücksichtigt, weil bei diesen Lotungen ein Ruderer half, während ich alle anderen allein vorgenommen habe.) Die Differenz von 1,44 mm erscheint sogar für die Extreme etwas groß, sie fällt aber nicht stark ins Gewicht, wenn man bedenkt, daß es lediglich beim einzelnen Profil auf gleiche Abstände ankommt. Hierauf wurde stets mit größter Sorgfalt geachtet und das Resultat der Karte zeigt, daß es scheinbar mit Erfolg geschehen ist. Von Profil zu Profil können die Abstände zweier Lotpunkte unbeschadet der Genauigkeit sehr wohl wechseln, ja es ist sogar ganz natürlich und es liegt in der menschlichen Persönlichkeit, daß dies der Fall ist. Morgens z. B. wird der Betrag für 20 Ruderschläge größer sein als abends, wenn man den ganzen Tag über die nicht gerade leichte Arbeit des Lotens geleistet hat; bei kühlem Wetter größer als bei großer Hitze u. s. w.

Nach unsern Resultaten zu urteilen scheint die Methode des Zählens der Ruderschläge bei kleineren Seen vollständig zu genügen und ist unbedingt zu empfehlen. Bestärkt wurde ich in dieser Ansicht dadurch, daß ich vergeblich versucht hatte, die Peilmethode durchzuführen: Zwei Beobachter wurden an zwei Fixpunkten des Ufers mit Routenkompassen, die auf Stative ge-

schraubt waren, aufgestellt und mußten auf ein gegebenes Zeichen die Peilvorrichtung auf die Lotmaschine einstellen und den Winkel ablesen. Der Schnittpunkt der zwei Peilungen ergibt nach Berücksichtigung der Deklination den Bootsort. Schon bei einiger Entfernung vom Ufer ist es schwer, den Kompaß genau einzustellen; ferner macht die genau gleichzeitige Einstellung Schwierigkeiten, besonders wenn wie bei unsern Versuchen keine Windstille herrscht. Fehler des Kompasses, die von Ort zu Ort wechseln können, müssen auch in Betracht gezogen werden. Endlich darf nicht vergessen werden, daß es ganz unmöglich ist die Fixpunkte, von denen aus die Peilungen geschehen, absolut genau in die Karte einzuzeichnen; eine falsche Lage von $^1/_2$ oder 1 mm kann Fehler von mehreren Graden hervorrufen. Kurzum, es ergab sich, daß die Peilmethode in unserm Fall gänzlich unzulängliche Resultate lieferte: Es kamen ganz unmögliche Lotungsreihen heraus, ja manche Lotpunkte wären aufs Land zu liegen gekommen.

Mit der Frage, ob es zulässig sei, in einer Messungsreihe Strecken mit verschiedener Anzahl von Ruderschlägen abwechseln zu lassen, haben sich verschiedene Autoren beschäftigt. Während Halbfaß[1]) sie verneint, will Müllner[2]) die dadurch vielleicht entstehenden Fehler beheben, indem er das Anhalten des Bootes nach jeder Teildistanz empfiehlt. Wir haben uns dadurch geholfen, daß wir das Boot bei größeren Distanzen, als die Grundstrecke war, etwas früher zum Halten brachten. Bei Strecken von 40 Ruderschlägen wurde beim 39., bei solchen von 60 beim 58. Schlag gestoppt. Wenn man dazu noch die Vorsicht gebraucht, bei sämtlichen Strecken die zwei ersten Schläge kräftiger zu machen als die folgenden, um dem Boot von Anfang an die richtige Fahrt zu verleihen, und im allgemeinen auf möglichst gleichmäßiges Rudern Achtung gibt, dürfte wohl eine ziemliche Gewähr für eine Vermeidung von Fehlern gegeben sein.

Wenn wir nunmehr unsere Tiefenkarte (Tafel 25) mit der Geistbeckschen Karte vergleichen, so besteht auf den ersten Blick ein grundlegender Unterschied in der Zeichnung der Ufer-

[1]) Ein Kapitel aus der modernen Seenforschung. 25. Jahresbericht d. Gymn. zu Neuhaldensleben 1900. S. 7.

[2]) Einige Erfahrungen und Wünsche auf dem Gebiete der Seenforschung. Progr. K. K. Max.-Gymn. Wien 1903. S. 17.

linie. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, seien als hervorstechendste Beispiele hervorgehoben: Der kleine Plansee, die Mündung des Erzbaches (Thorseilenbaches), die Partie um den Pitzenbach und die Südostecke des Heiterwangersees; die Betrachtung jedes Landvorsprungs und jeder Bucht beweist das gleiche, kurz ein Vergleich erscheint nahezu ausgeschlossen. Wir haben bereits einmal betont, daß die Geistbecksche Zeichnung mehr skizzenhaften Charakter habe und hervorgehoben, daß es gar nicht im Plane jener Arbeit lag etwas anderes zu geben; bei allen Seen des Geistbeckschen Atlas kann mehr oder weniger die gleiche Tatsache festgestellt werden, beim Plansee aber tritt sie besonders auffällig in Erscheinung.

Die großen Verschiedenheiten in der Uferlinie machen sich natürlich auch ganz allgemein in der Zeichnung aller Tiefenlinien geltend, die sich ja dem Ufer eng anschmiegen. Außerdem aber erleidet die Festlegung der Tiefenlinien häufig dadurch eine erhebliche Veränderung, daß uns weit zahlreichere Lotpunkte zu deren genauer Bestimmung zur Verfügung standen. Die Uferlotungen gestatteten es in den einzelnen Profilen die Lotpunkte weiter auseinander zu legen und es konnten daher weit mehr und weit gleichmäßiger über den ganzen See verteilte Profile von uns abgelotet werden (35 gegen 22). So konnte die Führung der Isobathen fast überall durch Lotpunkte gestützt werden, wo vorher nur eine Vermutung vorlag oder wo zum Mittel der Interpollation gegriffen werden mußte.

Die Tiefenangaben Geistbecks stimmen im allgemeinen sehr gut mit den unsern überein, soweit überhaupt ein genauer Vergleich bei der veränderten Ufergestaltung möglich ist. Es sei hier etwas näher auf die Lotungen Geistbecks eingegangen:

Geistbeck führte seine Messungen noch mit einer Hanfleine aus. Infolge der Zusammenziehung der Schnur im Wasser unterliegt diese Methode bedeutenden Fehlern, die nach Geistbeck[1]) im Mittel etwa $1^1/_2$—$2^0/_0$, nach Lorenz v. Liburnau[2]) bis zu $3^0/_0$ betragen, so daß alle gemessenen Tiefen zu groß erscheinen. Durch Anbringung einer Korrektion muß dann jeder Wert auf sein richtiges Maß gebracht werden. Diese bereits korrigierten

[1]) Die Seen etc. S. 16.

[2]) Der Hallstätter See. Mitt. d. K. K. Geogr. Ges. Wien 1898. S. 14.

Lotungen ergeben jedoch nach der Erfahrung Ules[1]) meistens zu kleine Werte, da häufig zu große Korrektionen angebracht werden, während die sich im Wasser zusammenziehende Leine andererseits durch das Lotgewicht eine Spannung und Verlängerung erfährt. Ule glaubt, daß der Fehler einer Hanfleine überhaupt nie sicher bestimmt werden kann, da einerseits Zusammenziehung und Dehnung nie konstant bleiben und andererseits der Korrektionswert auf dem Lande nur durch Nachmessen der ungespannten Leine ermittelt werden kann.

Wenn trotzdem Geistbecks Messungen am Plansee, wenigstens was die größten Tiefen anbelangt, fast genau mit den unseren übereinstimmen, so ist dies einerseits ein Beweis für die Güte seiner Lotungen, andererseits dafür, daß er es verstand richtige Korrektionswerte anzubringen. Die größte Tiefe des Plansees beträgt nach ihm 76 m, die des Heiterwangersees 59,5 m, während wir 76,5 bezw. 60 m fanden. Ob diese nur um weniges kleineren Werte Geistbecks auf die von Ule angeführte Fehlerquelle, die eben besprochen wurde, zurückzuführen sind, läßt sich nicht entscheiden. Jedenfalls aber sind die Bemerkungen, die Ule[2]) an Geistbecks Auslotung des Ammersees knüpft, auf die Messungen am Plansee nicht anzuwenden.

Als Zahl der Lotungen am Plansee gibt Geistbeck 210 an; er meint damit Plansee und Heiterwangersee zusammengenommen. Eine Zählung der Lotungspunkte in seinem Atlas ergibt am Plansee 148, am Heiterwangersee 56, im ganzen 204. Die fehlenden 6 dürften auf den kleinen Plansee fallen, in dem keine Lotpunkte verzeichnet sind, wohl aber eine Isobathe gezogen ist. Die Angabe Lorenz v. Liburnaus (a. a. O. S. 17), daß beim Plansee mit 3,64 qkm Fläche (nach Geistbeck) 1 Lotung auf 20000 qm (stark aufgerundet; nur 17300!) komme, ist auf dessen Annahme zurückzuführen, daß am Plansee allein 210 Lotpunkte vorhanden seien. Unter der richtigen Voraussetzung von 154 (148 + 6) Lotungen hätte er hierfür 23600 qm setzen müssen.

Nach unserer Flächenberechnung, auf die wir später näher eingehen werden, trafen bisher beim Plansee (2,85 qkm — 154 Messungen) 18500 qm auf eine Lotung und beim Heiterwangersee (1,35 qkm — 56 Messungen) 24100 qm.

[1]) Der Würmsee. Leipzig 1901. S. 30, 31. Herr Professor Ule war so freundlich mir brieflich hierüber noch nähere Auskunft zu geben.

[2]) Studien am Ammersee. Mitt. Geogr. Ges. München 1906. I. S. 572.

Nach der neuen Auslotung stellt sich die Lotungsdichte folgendermaßen:

Plansee: (2,85 qkm — 382 Messungen)
7460 qm auf eine Lotung.

Heiterwangersee: (1,35 qkm — 155 Messungen)
8710 qm auf eine Lotung.

Der Plansee ist also um einiges besser ausgelotet als der Heiterwangersee.

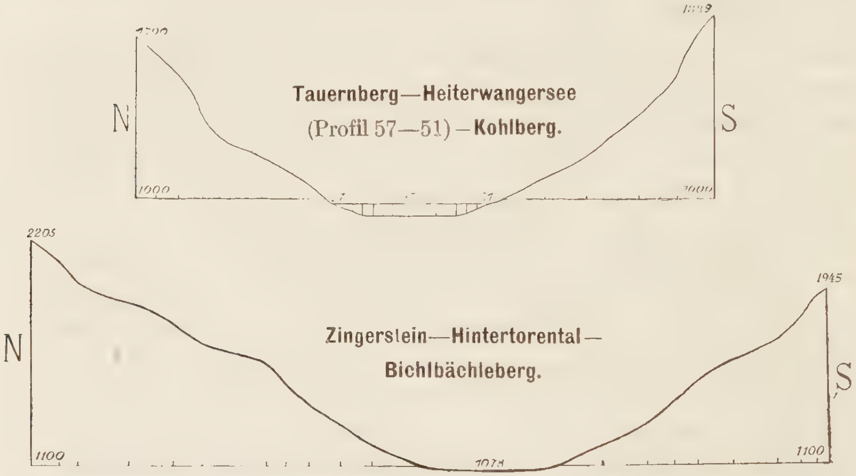
Um nochmals kurz zusammenzufassen, so zeigt ein Vergleich der beiden Tiefenkarten, was das Verhältnis zwischen Uferlinie und Isobathen anlangt, im allgemeinen das gleiche Bild: Hier wie dort halten sich die Tiefenlinien in großer Regelmäßigkeit parallel dem Ufer. Im einzelnen jedoch finden sich größere Unterschiede, deren Besprechung hier zu weit führen würde; diese treten naturgemäß am meisten bei den größeren Tiefen hervor, weil Geistbeck hier weit weniger Messungen zur Verfügung standen als uns.

Beschreibung der Gestalt des Seebeckens.

Das Planseesystem zerfällt in drei Becken: Heiterwangersee, großer Plansee und kleiner Plansee. Früher ein zusammengehöriges Ganzes sind sie durch gewaltige Schuttkegel getrennt worden. Der Pitzenbach hat seine Schuttmassen bis zum jenseitigen Ufer vorgeschoben, so daß die Trennung, abgesehen von einem schmalen Flußlauf, eine vollständige ist; der kleine Plansee dagegen steht mit dem großen See noch in direkter Verbindung.

Entsprechend der früheren Zusammengehörigkeit weisen die einzelnen Teile dieselben Züge in der Gestaltung ihres Beckens auf. Die Betrachtung des Profils Tauernberg—Heiterwangersee—Kohlberg und des Profils Zingerstein—Hintertorental—Bichlbächleberg (Figur 1) lehrt, daß in der Talgestaltung zwischen dem großen Hintertorental und dem Seetal überhaupt kein Unterschied besteht. (Zu dem 1. Profil ist zu bemerken, daß die punktierte Linie auf der Nordseite den natürlichen Verlauf des Gehänges darstellt; das Profil mußte durch eine nur ganz lokale Felsnische gelegt werden, die in der Zeichnung vielleicht den Eindruck eines Kars erwecken könnte.) Die Wasserfüllung ist das einzige unterscheidende Merkmal zwischen den beiden durchaus verwandten Gebilden. Auch in der Natur haben wir vollkommen den Eindruck, daß das Gebiet der heutigen Seen ein über-

schwemmtes Tal ist. Dieser Eindruck wird bestärkt, wenn wir das Längsprofil 54—46 durch den Heiterwangersee betrachten (Tafel 26). Der Seegrund senkt sich im Sinne des allgemeinen Talverlaufs ganz allmählich mit ca. 5,5⁰ Neigungswinkel von Westen nach Osten zur tiefsten Stelle mit 60 m ab. Beim Plansee, der seine größte Tiefe von 76,5 m im Westen besitzt, kommt dieses nicht zur Geltung, da er an seinem Ostende durch den Erzbach die stärkste Zuschüttung erfahren hat, so daß hier der Seegrund um mehr als 4 m über das Westende aufragt. Das Becken des kleinen Plansees mit nur 12,5 m größter Tiefe stellt sich als ein Seitental



Figur 1. Profile im Maßstab ca. 1 : 37 500.

der großen Talflucht dar; auch hier kann, wenn von der rezenten Zuschüttung abgesehen wird, ein allmähliches Abfallen des Grundes zum Haupttal hin festgestellt werden.

Alle unsere Alpenseen haben eine verhältnismäßig sehr große Ausdehnung der tiefsten Regionen, einen breiten fast ebenen Boden, den Schweb, und von diesem aus steil und unvermittelt ansteigende Gehänge. Diese Eigenschaften werden heute als charakteristische Merkmale eiszeitlicher Gletscherwirkung angesprochen.

Auch für den Plansee ist diese trogähnliche Gestaltung die typische Form. Der Gefällsknick zwischen Schweb und Gehänge, der sich in den meisten unserer Profile (Tafel 26) gut darstellt,

würde noch weit schärfer zum Ausdruck kommen, wenn er nicht durch Zuschüttung im See ebenso wie auf dem Land erheblich ausgeglichen wäre. Am Heiterwangersee erscheinen diese Verhältnisse am deutlichsten ausgeprägt, da dieser weit weniger als der Plansee von postglazialer Zuschüttung betroffen wurde.

Die Tiefenlage des Schwebs ist natürlich nur eine relative; er ist mit der jeweils vorhandenen tiefsten Isobathe zu umgrenzen. Im Heiterwangersee beginnt er einheitlich mit der 50 m Tiefenlinie, am Plansee dagegen schwankt sein Beginn zwischen der 50 m und 70 m Isobathe je nach dem Grad der Ausfüllung des Sees.

Der Schweb erreicht im Heiterwangersee die größte Ausdehnung. Er verbreitert sich gegen Osten zu und spiegelt die Umrißformen des Sees deutlich wieder. Er nimmt nahezu die Hälfte des Seeareals ein. Im westlichen Plansee findet sich ein großer Schweb von dreieckiger Gestalt, aus der deutlich das Einmünden eines Seitentals in das Haupttal zu erkennen ist. In der östlichen Hälfte des Plansees erscheint der Schweb als schmale Rinne, deren Tiefe zwischen ca. 60 und 70 m schwankt.

Die Betrachtung der Profile (Tafel 26) veranschaulicht am besten alle diese Verhältnisse. Die Profile sind in gleichem Maßstab der Länge und Höhe 1 : 12500 gezeichnet; an jedem Gehänge sind zwei Böschungswinkel in Graden angegeben, von denen der eine die ungefähre Neigung zwischen dem Ufer und dem Ort der 1. Lotung bezeichnet, der andre die Böschung zwischen Ufer und Schweb, d. h. der Stelle, wo die tiefste Isobathe durch das Profil geschnitten wird. Eine punktierte Linie bezeichnet diese Stelle[1]).

Profil 56—53 liegt am Westende des Heiterwangersees. Der Seegrund ist durch die Alluvionen des Grund- und Mühlbachs sehr ausgeglichen, so daß ein muldenförmiges Bild entsteht. Die Böschungswinkel sind auf beiden Seiten annähernd dieselben. Profil 57—51 zeigt gut das unvermittelte Ansetzen der Gehänge an den Schweb; während dieser fast eben verläuft, steigen die Seitenwandungen beiderseits mit 20° an. Das gleiche Bild erhalten wir in Profil 59—50, bei dem wir nur auf der Nordseite

[1]) Bei Profil 33—20 und 3—8 fällt die Linie des Schwebs mit einer Isobathe zusammen, daher die abweichende Zeichnung.

ein noch unvermittelteres Ansetzen des Gehänges mit 25,5° bemerken.

Profil 33—20 ist über die größte Breite des Plansees gelegt. Im Norden verzeichnen wir hier die steilste Uferböschung mit 42,5°; diesem steilsten Abfall steht die größte Tiefe von 76,5 m in einem Uferabstand von etwa 350 m gegenüber. Im Süden dagegen haben wir einen sehr flachen Böschungswinkel von nur 10°, da sich hier die Zuschüttung durch den großen Schuttkegel des Pitzenbaches und die Auffüllung durch den Zufluß aus dem Heiterwangersee geltend macht. Profil 35—18 zeigt wieder die trogähnliche Form mit einem im Norden sehr steilen Ansatz der Halde auf den Schweb von 28,5°. Profil 37—16 stammt von der schmalsten Stelle des Plansees; von Norden und Süden hat eine sehr starke Zuschüttung eingesetzt, welche das ursprüngliche Bild vollkommen verhüllt und den Schweb auf ein Minimum reduziert. Die drei letzten Profile 39—15, 1—10, 3—8 zeigen wieder die normalen Verhältnisse.

Fast ausnahmslos geht aus allen Profilen hervor, daß vom Ufer nach der Tiefe zu der Böschungswinkel immer sanfter wird. In den See- wie in den Talprofilen kommt dies deutlich zur Geltung. Letztere zeigen ein durchschnittliches Gefälle von etwa 30°, das sich nach dem Talboden zu immer mehr verflacht. Das entspricht der Wirkung der sich überall ablagernden Schuttkegel. Im See kommt die Verflachung noch mehr zur Geltung, da der sich im ganzen See niederschlagende feine Seeschlamm die Unebenheiten weit besser ausgleicht. An den Stellen, wo der meiste Schlamm in den See geschafft wird, also da, wo ständige Zuflüsse vorhanden sind, ist der Ausgleich am größten. Profil 56—53 des Heiterwangersees und der südliche Teil des Profils 33—20 des Plansees beweisen das. Alle übrigen Profile haben deswegen ihre steile Böschung bewahrt, weil bei ihnen keine offenen Zuflüsse wirksam sind, sondern während des größten Teils des Jahres alles Wasser unterirdisch unter den Schuttkegeln in den See sickert, so daß Schlammteile nicht abgesetzt werden können. Der östliche Plansee, in den der starke Zufluß des Erzbaches mündet, wird von dieser Regel nicht ausgenommen, da auch der Erzbach fast stets unterirdisch mündet.

Die typischen Kleinformen der Beckengestaltung kommen am Plansee infolge seiner fast allseitigen Umrahmung durch

Schutt sehr wenig zur Geltung. Außerdem ist die Umbildung der Wanne durch die Einwirkung des Sees wegen der geschützten Lage und der geringen Ausdehnung, die beide eine stärkere Brandungswirkung verhindern, sehr unerheblich geblieben. Immerhin aber kann man deutlich einen Strand und eine meist sehr schmale unterseeische Uferbank unterscheiden, von der aus die Halde sich plötzlich und steil absenkt; nur stellenweise erlangt die Uferbank größere Ausdehnung.

Starke Auffüllung des Seebeckens macht sich nicht nur an den Zuflüssen, also im westlichsten Heiterwanger- und Plansee und am Beginn des kleinen Plansees, geltend, sondern auch an den Abflußstellen. Es beruht dies darauf, daß die feinsten im Wasser schwebenden Teilchen an der Ausmündung infolge des sich zusammendrängenden Wassers sich niederschlagen. Diese Erscheinung nennt Geistbeck[1]) „Ausflußdelta". Bei der Bildung der Untiefen am Ausfluß des Heiterwangersees und vor allem des großen und kleinen Plansees dürfte jener Vorgang eine Rolle gespielt haben.

Der den Plansee und Heiterwangersee verbindende Kanal ist als deutliche Erosionsrinne in den Schlammablagerungen des westlichsten Plansees gut zu verfolgen. In der Uferlotung bei Profil 22 kommt dies zum Ausdruck, bei der die Tiefen 4, 10, 12, 11,5 11 m in Abständen von 17,5 m von der Kanalmündung gemessen wurden. Bis 52,5 m Erosion und von hier an Akkumulation. Die gleiche Erscheinung ist auch am schmalen Verbindungsstück zwischen großem und kleinem Plansee zu beobachten, wo stets starke Strömung herrscht.

Morphometrie.

Vom Plansee und Heiterwangersee wurden bisher abgesehen von Geistbecks Angaben morphometrische Werte durch H. Puchstein, K. Peucker und W. Halbfaß gegeben, deren Arbeiten bereits in den einleitenden Bemerkungen zitiert wurden. Mangels der genügenden kartographischen Unterlage geben diese Werte jedoch ein vollständig faslches Bild der wahren Verhältnisse.

[1]) Die südbayerischen und nordtirolischen Seen. Zeitschr. D. Ö. A. V. 1885. S. 352.

Fläche.

Am klarsten geht dieses aus einer Zusammenstellung der Angaben über die Fläche der Seen hervor.

Autor, Jahr der Veröffentlichung, Maßstab der Karte	Fläche in qkm	
	Plansee	Heiterwangersee
Geistbeck, 1885. 1:25000	3,64 (beide zusammen)	
Puchstein, 1886.	3,37	1,42
Peucker, 1896.	3,4	1,4
Halbfaß, 1903.	3,40	1,40
Die Gewässer Österreichs Bd. II. S. 339, 341.	2,80	1,40
Eigene Kontrollmessungen:		
Planimetrierung der Karte Geistbecks.	3,34	1,44
Ausmessung mit mm-Papier do.	3,30	1,40
Österr. Karte 1:75000. Planimetrierung.	2,83	1,44
Bayer. Karte 1:50000. Planimetrierung.	2,90	1,43
Fels, 1912. 1:12500. Planimetrierung.	**2,85**	**1,35**
do. Kontrollmessung mit mm-Papier.	2,82	1,35

Geistbeck gibt in seinen Arbeiten stets nur die Fläche des „Plansees“ an; da er für den Heiterwangersee keinen eigenen Wert hat, wohl aber sehr häufig von ihm in Verbindung mit dem Plansee spricht, muß man annehmen, daß seine Flächenzahl für beide Seen zusammen gilt. Auf jeden Fall ist aber seine Angabe für den Plansee allein ebensowenig berechtigt wie für beide Seen zusammen.

Puchstein hat seine Werte durch Planimetrierung der Karte Geistbecks erhalten. Wir sehen, daß hier ein nach jeder Richtung anderes Resultat vorliegt.

Peucker und Halbfaß haben ihre Flächenangaben von Puchstein übernommen und nur dessen Zahlen abgerundet.

Die Werte aus „Die Gewässer Österreichs“ verdanke ich einer Mitteilung des Hydrographischen Zentralbureaus in Wien.

Da ich von Anfang an die Angabe Geistbecks für unvollständig gehalten hatte, maß ich vor Kenntnis der Puchsteinschen Arbeit Geistbecks Karte planimetrisch aus, wobei ich die mit Puchstein sehr gut übereinstimmenden Werte von 3,34 bezw. 1,44 qkm erhielt. Eine Nachprüfung mit mm-Papier bewies die Richtigkeit meiner Messung. Zur weiteren Kontrolle erfolgte eine Planimetrierung der österreichischen Karte 1 : 75000 und der bayerischen Karte 1 : 50000, welche ganz andre aber unter-

einander trotz des kleinen Maßstabs gut übereinstimmende Zahlen ergab, die sich späterhin als mit der offiziellen österreichischen Angabe sich deckend erwiesen. Als endlich meine nach der neuen Karte 1 : 12500 gemachte Messung fast genau dasselbe durch Kontrolle mit mm Papier gestützte Resultat ergab, mußte ich diese neuen Werte für richtig halten. Die geringen Differenzen mit der österreichischen Angabe erkären sich aus den von mir vorgenommenen kleinen Abänderungen und Berichtigungen bei der Begehung des Ufers; am Heiterwangersee waren diese am bedeutendsten.

Wir sehen daraus, daß über die Größenverhältnisse eines Sees ebensosehr sich widersprechende Anschauungen vorhanden sein können, wie über die Tiefenverhältnisse, über die früher bei allen Seen die verschiedensten und abenteuerlichsten Vorstellungen geherrscht haben.

Wir setzen für die Fläche des Plansees **2,85** qkm, für die des Heiterwangersees **1,35** qkm.

Alle planimetrischen Vermessungen auch für noch folgende morphometrische Werte wurden mit einem dem Geographischen Institut der Universität München gehörigen Polarplanimeter von G. Coradi in Zürich Nr. 2040 ausgeführt.

Es ist klar, daß mit der bedeutend veränderten Flächenangabe auch erheblich andre Resultate bei den übrigen morphometrischen Werten sich herausstellen werden, die ja zum größten Teil die Kenntnis des Areals voraussetzen.

Länge und Breite.

1. Geographische Längen- und Breitenausdehnung.

Wenn wir Plansee und Heiterwangersee als eine geographische Einheit fassen, so beträgt ihre Längenausdehnung 5′ 30″, ihre Breitenausdehnung 2′. Wir haben ein in ausgesprochenstem Maße in der Parallelrichtung sich ausdehnendes Seengebilde vor uns, dem nur der unbedeutende Ausläufer des kleinen Plansees eine so große Erstreckung in meridionaler Richtung verleiht. Die Messung erfolgte auf der bayerischen Karte 1 : 50000.

2. Länge der Luftlinie, welche die beiden entferntesten Punkte des Sees verbindet.

Heiterwangersee, vom Westende bis P. 48, ca. 2,3 km.

Plansee, vom Ausfluß des kleinen Plansees bis P. 6, ca. 5,7 km.

Kleiner Plansee allein ca. 0,8 km.

3. Wahre Länge, gemessen entlang der Achse des Sees[1]).

Plansee mit kleinem Plansee ca. 6,3 km. Beim Heiterwangersee mit dem vorigen Wert zusammenfallend.

4. Maximale Breite ⊥ zur Hauptachse.

Plansee, P. 33—P. 20, ca. 1,2 km. (Kleinste Breite, P. 37—P. 16, ca. 270 m.)

Heiterwangersee, P. 50—P. 58, ca. 0,8 km.

5. Mittlere Breite, erhalten durch Division der Länge der Hauptsache in den Flächeninhalt.

Plansee 0,45 km.

Heiterwangersee 0,6 km.

Das Verhältnis von mittlerer Breite zur Achsenlänge beträgt beim Plansee 1 : 14, beim Heiterwangersee 1 : 4; es ist also ein starker Gegensatz vorhanden.

Uferlänge[1]) und Uferentwicklung.

Plansee mit kleinem Plansee 15 km, Heiterwangersee 6,1 km.

Die Messung auf der bayerischen Karte 1 : 50000 hatte 14,5 bezw. 6,0 km ergeben, die auf der Reduktion 1 : 6250 15 bezw. 6,1 km.

Die Uferentwicklung, die angibt, um wieviel die Uferlänge größer ist als der Umfang eines Kreises vom Areal des Sees, ergibt sich aus folgender Formel:

$$U = l : 2\sqrt{F \cdot \pi}$$

Plansee 2,51.

Heiterwangersee 1,48.

Bei **Halbfaß** lauteten die entsprechenden Werte 2,14, bezw. 1,38.

Während der Plansee durch seine zahlreichen Vorsprünge und vor allem durch die Ausbuchtung des kleinen Plansees eine ansehnliche Uferentwicklung aufweist, hält diese sich beim Heiterwangersee mit seiner einfachen, sehr wenig gegliederten Gestalt in engen Grenzen. Faßt man beide Seen als Einheit auf, so erhält man als Umfangsentwicklung 2,99. Zum Vergleich seien die Werte für den Vierwaldstättersee mit 2,91 und für den Luganersee mit 3,65 nach **Halbfaß** angegeben.

---

[1]) Gemessen mit Kurvimeter.

Volumen. Mittlere Tiefe.

Volumen und mittlere Tiefe sind voneinander abhängige Werte, so daß wir sie zusammen betrachten können. Es wurden fünf verschiedene Berechnungsarten angewendet, die im folgenden angeführt sind.

1. Ein annähernder Wert für die mittlere Tiefe kann dadurch erhalten werden, daß wir auf rechnerischem Wege die Mitteltiefe jedes einzelnen Lotungsprofils und aus deren Summe die des ganzen Sees bestimmen. Dieses Verfahren kann natürlich nur dann mit einigem Erfolg angewendet werden, wenn die Profile gleichmäßig über den See verteilt sind. Wir bekommen so als Werte für die mittlere Tiefe:

Plansee:	44,99 m.
Heiterwangersee:	44,26 m.

Daraus folgt für das Volumen:

Plansee:	128,22 Mill. cbm.
Heiterwangersee:	59,75 Mill. cbm.

2. Die mittlere Tiefe erhalten wir ferner auf folgende unter andern von F. Heiderich[1]) und H. Puchstein (a. a. O.) verwendete Methode: Die von jeder einzelnen Isobathe umgrenzte Fläche wird planimetrisch ausgemessen und der Anteil an der ganzen Seefläche in Prozent berechnet. Aus diesen Werten kann durch Subtraktion die Größe der zwischen 2 Isobathen liegenden Fläche in Prozentanteilen des Gesamtareals bestimmt werden. Multipliziert man die Prozentanteile mit dem arithmetischen Mittel der Grenzflächentiefen und dividiert die Summe aus diesen Produkten durch 100, so erhält man die mittlere Tiefe. — Das Verfahren führt dann zu guten Resultaten, wenn, wie in unserm Fall, die Isobathen in sehr geringem Abstande gezogen sind, weil dann am meisten die Annahme zutrifft, daß die mittlere Tiefe jeder Schichte durch das arithmetische Mittel aus den Tiefen der Grenzflächen gegeben ist.

Mittlere Tiefe.	Plansee:	45,07 m.
	Heiterwangersee:	39,82 m.
Volumen.	Plansee:	128,45 Mill. cbm.
	Heiterwangersee:	53,76 Mill. cbm.

[1]) Die mittlere Höhe Afrikas. Peterm. Mitt. 1888. S. 209.

3. Die Größe der von den einzelnen Isobathen eingenommenen Flächen, die wir planimetriert haben, kann auch in Flächenmaß ausgedrückt und auf verschiedene Weise zur Berechnung des Volumens verwertet werden. Die folgende Tabelle zeigt die Größe der Isobathenflächen.

Tiefe in m	Areal der Isobathenflächen in qkm	
	Plansee	Heiterwangersee
0	2,85	1,35
10	2,46	1,22
20	2,18	1,10
30	1,95	0,98
40	1,72	0,82
50	1,49	0,58
60	1,16	—
70	0,62	—

Die Berechnung des Volumens haben wir zunächst durchgeführt, indem wir die einzelnen Tiefenschichten als Prismen mit trapezförmigem Querschnitt, die tiefste Schicht als Kegel oder Pyramide betrachteten.

Die Formel hierfür lautet:

$$V = \frac{s_1 + s_2}{2} \cdot h_1 + \frac{s_2 + s_3}{2} \cdot h_2 \ldots\ldots + \frac{1}{3} s_n \cdot h_n.$$

s_1 bedeutet die Seefläche, s_2 die von der 10 m Isobathe eingeschlossene Fläche u. s. w. h ist konstant = 10 m, h_n beim Heiterwangersee = 10 m, beim Plansee = 0,5 m.

Wir erhalten als Werte für das Volumen:

Plansee: 127,98 Mill. cbm.
Heiterwangersee: 52,78 Mill. cbm.

und daraus für die mittlere Tiefe:

Plansee: 44,91 m.
Heiterwangersee: 39,10 m.

4. Ferner haben wir mit der gleichen Grundlage der planimetrischen Flächenmessung das Volumen nach der Simpsonschen Formel[1]) berechnet. Diese lautet:

$$V = \frac{h}{3}[s_1 + s_{2n+1} + 4(s_2 + s_4 + s_6 \ldots + s_{2n}) + 2(s_3 + s_5 + s_7 \ldots + s_{2n-1})].$$

[1]) A. Penck, Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart 1894. I. S. 75.

$h = 10$ m, s_1 = Seefläche, s_{2n+1} am Plansee die 70 m Isobathe, am Heiterwangersee die 50 m Isobathe, s_2 und s_3 die 10 und 20 m Isobathe u. s. w. Zum Resultat der Rechnung wird wieder das Volumen der tiefsten Schicht hinzugefügt, welche als Kegel aufgefaßt wird.

Danach ist das Volumen:

Plansee:	124,99 Mill. cbm.
Heiterwangersee:	50,49 Mill. cbm.

und die mittlere Tiefe:

Plansee:	43,86 m.
Heiterwangersee:	37,40 m.

5. Ein sehr zuverlässiges Mittel zur Bestimmung der mittleren Tiefe und des Volumens ist Pencks hypsographische Kurve. Wir haben die Kurven für beide Seen gezeichnet (Tafel 26). Für beide Seen wurde dieselbe Abszissenlänge gewählt, da wir die Abszisse = 100 % = der Seefläche genommen und auf ihr die Prozentanteile der Isobathenflächen aufgetragen haben. Die Länge der Abszisse beträgt 20 cm; auf der Ordinate ist je 1 cm = 10 m. Die hypsographische Kurve wird ausgewertet, indem man das von der Kurve und den Koordinaten eingeschlossene Areal planimetriert und den erhaltenen Wert durch die Längeneinheiten der Abszisse, welche proportional der Seefläche ist, dividiert; so erhält man die mittlere Tiefe in den auf der Ordinate abgetragenen Längeneinheiten, die dann in das wahre Maß umgerechnet werden.

Das Ergebnis der Berechnung der hypsographischen Kurve ist für die mittlere Tiefe:

Plansee:	45,43 m.
Heiterwangersee:	40,36 m.

und für das Volumen:

Plansee:	129,48 Mill. cbm.
Heiterwangersee:	54,49 Mill. cbm.

Die hypsographische Kurve ist ein vorzügliches Mittel um die allgemeine Gestalt eines Seebeckens rasch und übersichtlich darzustellen. Die bereits besprochenen Unterschiede zwischen den beiden Seen kommen hier deutlich zur Geltung: Reinere Erhaltung der ursprünglichen Beckenform im Heiterwangersee, größere Zuschüttung im Plansee; steilere Ufer- und Gehängeformen und relativ größere Ausdehnung des ebenen Seebodens

im Heiterwangersee, verhältnismäßig flachere Uferformen und dann ausgeglicheneres Absinken zur Tiefe mit weniger ausgeprägtem Schweb im Plansee.

Um einen endgültigen Wert für Volumen und mittlere Tiefe unserer Seen aufzustellen, verwenden wir das Mittel aus obigen Zahlen. Die ersten aus den Profilen gewonnenen Werte können hierbei natürlich nicht berücksichtigt werden, obwohl gerade beim Plansee eine vorzügliche Übereinstimmung zu bestehen scheint; daß diese nur eine zufällige ist, zeigt die große Abweichung am Heiterwangersee; sie ist auf die gleichmäßigere Verteilung der Lotungen am Plansee zurückzuführen. Ule[1]) weist außerdem darauf hin, daß diese Berechnung zu einem zu großen Werte führen muß, da bei den Profillotungen in der Regel zu wenig Lotungen in der Nähe des Ufers vorhanden sind, die einen erheblich reduzierenden Einfluß auf das Resultat ausüben würden.

In der folgenden Tabelle sind zum besseren Vergleich die vier letzten Werte nochmals zusammengestellt und das Mittel daraus gezogen. Die stärker hervorgehobenen Zahlen bedeuten, daß der betreffende Wert zuerst gefunden wurde und die andern in der gleichen Reihe aus ihm rechnerisch folgten.

	Volumen in Mill. cbm		Mittlere Tiefe in m	
	Plansee	Heiterwangersee	Plansee	Heiterwangersee
Methode 2	128,45	53,76	**45,07**	**39,82**
Methode 3	**127,98**	**52,78**	44,91	39,10
Methode 4	**124,99**	**50,49**	43,86	37,40
Methode 5	129,48	54,49	**45,43**	**40,36**
Mittel	**127,73**	**52,88**	**44,82**	**39,17**

Tiefen.

1. Die mittlere Tiefe wurde bereits berechnet.
2. Maximale Tiefe.

   Plansee: 76,5 m.
   Heiterwangersee: 60 m.
3. Verhältnis von mittlerer Tiefe zu größter Tiefe.

   Plansee: 1 : 1,71 = 58,5 %
   Heiterwangersee: 1 : 1,53 = 65,4 % der Maximaltiefe.

[1]) Der Würmsee etc. S. 56, 57.

4. Verhältnis von mittlerer Tiefe zu $\sqrt{\text{Areal}}$. Diese Zahl drückt aus, um wieviel die Seite eines der Seefläche gleichen Quadrates größer ist als die mittlere bezw. größte Tiefe.

Plansee: 1 : 37,7.
Heiterwangersee: 1 : 29,7.

5. Verhältnis von größter Tiefe zu $\sqrt{\text{Areal}}$.

Plansee: 1 : 22,1.
Heiterwangersee: 1 : 19,4.

Alle diese Zahlen beweisen deutlich, daß der Heiterwangersee verhältnismäßig weit tiefer in seine Umgebung eingesenkt ist und daß seine Wandungen weit steiler abfallen als beim Plansee.

Mittlerer Böschungswinkel.

Noch weit mehr kommt dies zum Ausdruck, wenn wir die Böschung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Isobathen im Mittel berechnen und damit auch den mittleren Böschungswinkel des ganzen Seebeckens.

Die mittlere Böschung zwischen zwei Isobathen wird nach der von Penck, Morphologie I. S. 48 gegebenen Formel berechnet:

$$b = \frac{h}{f} \cdot \frac{l_1 + l_2}{2}.$$

h bedeutet den Vertikalabstand der zwei Isobathen, f das Areal der zwischen ihnen liegenden Fläche, $\frac{l_1 + l_2}{2}$ das arithmetische Mittel aus ihren Längen.

Der mittlere Böschungswinkel des Seebeckens wird nach einer von S. Finsterwalder[1]) aufgestellten Formel berechnet:

$$B = \frac{h}{F} \cdot L.$$

h ist wieder der Vertikalabstand der Isobathen, F das Areal des Sees, L die Länge aller Isobathen vermindert um die halbe Länge der höchstgelegenen Nullisobathe[2]).

[1]) Über den mittleren Böschungswinkel und das wahre Areal einer topographischen Fläche. Sitzungsber. d. math. phys. Kl. d. bayer. Akad. d. Wiss. XX. 1890. S. 43.

[2]) Die Verminderung von L um die halbe Länge der Nullisobathe wurde zuerst von Halbfaß, dann von Ule angewendet, während sie bei Finsterwalder fehlt; hier bedeutet L nur die Länge aller Isobathen. Herr Prof. Finsterwalder teilt mir mit, daß man beides verteidigen könne und daß gerade bei Seen die Fassung der Formel nach Halbfaß Berechtigung habe.

Bei beiden Formeln ist das Resultat in Promille ausgedrückt, was leicht in Winkelmaß umgerechnet werden kann.

Die hier einschlägigen Daten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tiefe in m	Länge der Isobathen in km		Tiefenstufe in m	Areal zwischen 2 Isobathen in qkm		Böschungswinkel zwischen 2 Isobathen in ‰		Böschungswinkel zwischen 2 Isobathen in ° und ′	
	Plansee	Heiterwangersee		Plansee	Heiterwangersee	Plansee	Heiterwangersee	Plansee	Heiterwangersee
0	15	6,1	0—10	0,39	0,13	361,5	442,3	19° 52′	23° 51′
10	13,2	5,4	10—20	0,28	0,12	446,4	437,5	24° 3′	23° 38′
20	11,8	5,1	20—30	0,23	0,12	506,5	412,5	26° 52′	22° 25′
30	11,5	4,8	30—40	0,23	0,16	491,3	287,5	26° 10′	16° 2′
40	11,1	4,4	40—50	0,23	0,24	476,1	164,6	25° 27′	9° 21′
50	10,8	3,5	50—60	0,33	0,58	318,2	30,2	17° 39′	1° 44′
60	10,2	—	60—70	0,54	—	152,8	—	8° 41′	—
70	6,3	—	70—76,5	0,62	—	33,0	—	1° 53′	—

Als mittleren Böschungswinkel des ganzen Seebeckens erhalten wir:

Plansee: 289,1 ‰ 16° 7′.
Heiterwangersee: 194,8 ‰ 11° 1′.

Die vorstehenden Zahlen bestätigen in allen Punkten das schon früher über die Beckengestaltung unserer Seen Gesagte, besonders wenn wir die hypsographische Kurve zum Vergleich heranziehen. Beim Plansee finden wir vom Ufer an einen immer steiler werdenden Böschungswinkel bis 30 m Tiefe; von hier an kommt bis 60 m eine allmähliche Verflachung; von 60 m setzt mit deutlichem Knick der Schweb ein, der schließlich in dem flachen Winkel von 1° 53′ ausläuft. — Anders beim Heiterwangersee: Hier finden wir vom Ufer bis zur Tiefe eine stetig abfallende Böschung. Die Verflachung zum Schweb, die bei den Mittelzahlen wegen der Ausgeglichenheit des westlichen Teils des Heiterwangersees nicht so stark zur Geltung kommt, beginnt bei 40 m Tiefe, der Schweb selbst verläuft mit einer Böschung von 1° 44′ noch um einiges sanfter als im Plansee.

Wir haben gesehen, daß diese Unterschiede auf den stärkeren Grad der Zuschüttung im Plansee zurückzuführen sind, welche die ursprünglichen Verhältnisse weit mehr verwischt als im Heiterwangersee.

Der mittlere Böschungswinkel, beim Plansee aus den eben erwähnten Gründen größer als am Heiterwangersee, erreicht bei beiden Seebecken einen sehr beträchtlichen Wert. Er hält sich

in den Grenzen, die wir bei alpinen Seen von verwandter Entstehungsart zu ziehen gewohnt sind, er liegt aber weit mehr an der oberen, als an der unteren Grenze. Die Steilheit der Böschung fällt besonders in die Augen, wenn wir sie mit der von Seen des bayerischen Alpenvorlandes vergleichen

	Plansee:	16° 7′.
	Heiterwangersee:	11° 1′.
nach Ule	Würmsee:	3° 40′.
	Ammersee:	2° 34′.

Zusammenfassung.

Der Übersichtlichkeit halber bringen wir die sämtlichen morphometrischen Werte unserer Seen nochmals in einer Tabelle vereinigt, in die zum Vergleich die bisherigen Angaben von Puchstein und Halbfaß mit aufgenommen sind. Sie zeigt deutlich, welche Verschiebung in sämtlichen Werten einerseits die genauere Umrißkarte der Seen, andererseits die vollständigere Auslotung hervorgerufen hat.

Über Wert oder Unwert morphometrischer Zahlen ist schon viel diskutiert worden; es ist hier nicht der Platz, auf diese Auseinandersetzungen einzugehen. Wir glauben jedenfalls, daß aus allen diesen morphometrischen Zahlen bei einiger Überlegung sehr wohl ein Bild des Sees geformt werden kann, das der Natur verhältnismäßig nahe kommt.

		Fels		Puchstein (nach Geistbeck)		Halbfaß (* nach Puchstein)	
		Plansee	Heiterwangersee	Plansee	Heiterwangersee	Plansee	Heiterwangersee
Fläche	qkm	2,85	1,35	3,37	1,42	3,40	1,40
Länge: Luftlinie	km	5,7	2,3	—	—	—	—
Mittellinie	km	6,3	2,3	—	—	—	—
Breite: Größte	km	1,2	0,8	—	—	—	—
Mittlere	km	0,45	0,6	—	—	—	—
Mittl. Breite: Achsenlänge		1 : 14	1 : 4	—	—	—	—
Uferlänge	km	15	6,1	—	—	14,0	5,8
Uferentwicklung	km	2,51	1,48	—	—	2,14	1,38
Volumen	Mill. cbm	127,73	52,88	157,918	54,07	157,9*	54,1*
Tiefe: Größte	m	76,5	60	76	59,5	75	59,5
Mittlere	m	44,82	39,17	46,86	38,08	47*	38*
Mittl. Tiefe: größter T.		1 : 1,71	1 : 1,53	—	—	—	—
In % der größten T.		58,5	65,4	62,5	63,4	—	—
Mittl. Tiefe: $\sqrt{\text{Areal}}$		1 : 37,7	1 : 29,7	—	—	—	—
Größte Tiefe: $\sqrt{\text{Areal}}$		1 : 22,1	1 : 19,4	—	—	—	—
Mittl. Böschung in ‰		289,1	194,8	—	—	—	—
in ° und ′		16° 7′	11° 1′	—		13,1°	10,0°

2. Morphologie.

a) Die geologischen Verhältnisse.

Die Kenntnis der geologischen und tektonischen Verhältnisse einer Gegend ist eine der hauptsächlichsten Vorbedingungen für eine morphologische Spezialuntersuchung. Obwohl im Planseegebiet geologische Aufnahmen nicht vorhanden waren, machte sich dieser Mangel trotzdem für unsere Zwecke nicht sehr fühlbar, da nicht so sehr eine eingehende Morphologie als eine Erklärung der Seeentstehung gegeben werden sollte; und für diese genügt, wie wir sehen werden, die Kenntnis der hauptsächlichsten Glazialerscheinungen, die selbst zu untersuchen ohne große Mühe möglich ist.

Geologische Spezialaufnahmen lagen bisher nur im nördlichsten Teil des Planseegebiets nördlich Ammerwald vor. Es sind dies folgende Arbeiten:

E. Böse, Geologische Monographie der Hohenschwangauer Alpen. Geognost. Jahreshefte VI. 1893. S. 1. Karte 1:25000.

U. Söhle, Das Ammergebirge. Geognost. Jahreshefte XI. 1898 S. 39. Karte 1:25000.

Von größeren zusammenfassenden Werken kommen in Betracht:

F. v. Richthofen, Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol. I. Abt. Jahrb. Geol. Reichsanst. Wien. X. 1859. S. 72. II. Abt. XII. 1861/62. S. 87.

C. W. v. Gümbel, Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha 1861. Karte 1:100000. Blätter Sonthofen, Werdenfels.

J. Blaas, Geologischer Führer durch die Tiroler und Vorarlberger Alpen. Innsbruck 1902. Karte 1:500000.

Zur Kenntnis der Kartierungen O. Ampferers im Planseegebiet gelangten wir, wie eingangs erwähnt wurde, erst nach Abschluß der vorliegenden Arbeit. Es handelt sich bei seinen Aufnahmen um die Blätter Zirl-Nassereith und Lechtal der österreichischen geolog. Spezialkarte 1:75000. Das erstere, im Jahre 1912 ausgegeben, war erst im Sommer 1913 im Handel zu haben, das letztere soll 1914 herauskommen. Eine Kopie des in Frage stehenden Teiles des Blattes Lechtal (gefertigt nach der Manuskriptkarte) stand uns zur Verfügung[1]).

[1]) Herrn Dr. Ampferer sei für die Erlaubnis hierzu der beste Dank gesagt.

Wenn wir an der Hand der Aufnahmen **Ampferers** nur andeutungsweise einen kurzen Überblick über die geologischen Verhältnisse des Planseegebiets geben, so beteiligen sich am Aufbau folgende Glieder der oberen Trias und des Jura:

Trias	Wettersteinkalk Raiblerschichten Hauptdolomit Plattenkalk Kössenerschichten
Jura	Lias Fleckenmergel

Daneben kommen in ausgedehntem Maße Moränenablagerungen, Schuttkegel (Murgänge) und Flußalluvionen in Betracht.

Wettersteinkalk ist im äußersten Norden an der Hochplatte ausgebildet. Ferner baut er den Schlögelberg auf, wo er am Paß Ehrenberg gut aufgeschlossen ist.

Raiblerschichten finden sich im Norden als schmaler Streifen zwischen dem Wettersteinkalk der Hochplatte und dem südlich anschließenden Hauptdolomit. Ebenso liegt ein südost—nordwestlich streichender Zug an der Einsattelung zwischen Schlögelberg (Wett. Kalk) und Tauernberg (Hauptdolomit).

Weitaus den größten Anteil am Aufbau des Gebiets hat der Hauptdolomit in Verbindung mit seinem oberen Gliede, dem Plattenkalk. Plansee und Heiterwangersee sind in ihn eingebettet, fast sämtliche höheren Berge werden durch ihn aufgebaut. Die Spitzen der südlichen Kette Suwalspitze—Roter Stein—Gartnerwand, die ganze mittlere Kette Thaneller—Zingerstein—Blattberg, der ganze nördliche Zug Tauernberg Soldatenköpfe - Kreuzkopf—Geierköpfe: alles besteht aus Hauptdolomit bezw. Plattenkalk.

Kössenerschichten finden sich abgesehen von einigen kleinen Resten im Norden südlich der Weitalpspitze in ausgedehnterem Maße im Süden, wo sie im wesentlichen als mehr oder weniger breiter Streifen an beiden Hängen des Hintertorentals bezw. des Talbachtals entlang ziehen. Nördlich Lähn sind sie mächtiger entwickelt; das Dorf Berwang ist auf ihnen gebaut.

Lias Fleckenmergel nehmen im Süden größeren Raum ein. Sie bauen den der südlichen Kette vorgelagerten Zug Hochblase Sonnberg—Alpelekopf—Bichlbächleberg--Bleispitze auf.

Die diluvialen und alluvialen Ablagerungen erfüllen die sämtlichen Tiefenzüge des Planseegebiets. In den folgenden Ausführungen werden wir ihre Verbreitung und Zusammensetzung näher kennen lernen und ihre Kartierung durch Ampferer ausführlicher besprechen.

Die Schichten fallen im ganzen Gebiet im allgemeinen nach Süden ein. Deutlich ist dies besonders an der Hochplatte, am Thaneller, Blattberg, Roten Stein, Gartnerwand zu beobachten. Der Südabfall jener Berge wird im wesentlichen durch die Schichtflächen gebildet und ist meist nicht sehr steil, während an den äußerst steil abstürzenden Nordwänden die Schichtköpfe zutage treten. Neben dieser normalen Fallrichtung findet sich jedoch oft auf engem Raum Einfallen nach Norden oder saigere Schichtstellung. Der Bau besonders des Dolomitgebirges ist nach Blaas noch sehr wenig bekannt, er scheint jedoch ziemlich verwickelt zu sein.

In ganz großen Zügen dürfen wir uns das Planseegebiet wohl als eine große Mulde vorstellen, wobei das Liasgebiet südlich des Hintertorentals als Muldenkern aufzufassen ist. Der nördliche Muldenschenkel fällt nach Süden ein, der südliche ebenfalls nach Süden, so daß man hier wohl von einer nach Norden überkippten Falte wird sprechen müssen.

b) Die postglazialen Umbildungen.

Wenn wir uns ein Bild von den glazialen Verhältnissen des Planseegebiets machen wollen, müssen wir zuerst die mannigfachen Veränderungen betrachten, welche postglaziale Akkumulation und Erosion geschaffen haben. (Vgl. Tafel 24 und 25.)

Das Seebecken.

Nach dem Schwinden des Eises besaßen die Becken des Plansees und Heiterwangersees eine erheblich größere Ausdehnung als heute. Es bestand damals ein einheitliches, durchweg bedeutend breiteres Becken, von dem ein breiter Ast in nordwestlicher Richtung zur Furche des Archbachs hin abzweigte, und das am Ostende nach Norden zu abbiegend bis an die Thorsäulen reichte. Diese ansehnliche Wasserfläche ist durch postglaziale Zuschüttung und daneben durch gleichzeitige Senkung des Seespiegels infolge der stetig fortschreitenden Tieferlegung

des Ausflusses dermaßen eingeengt worden, daß sie heute in drei untereinander allerdings in Verbindung stehende Teile zerlegt ist: Heiterwangersee, großer Plansee, kleiner Plansee.

Am weitesten ist die Trennung zwischen Heiterwangersee und großem Plansee vorgeschritten (Abb. 2, Tafel 27). Der riesige Schuttkegel des Pitzenbaches, der von allen in unsre Seen mündenden Wildbächen das größte Einzugsgebiet besitzt, ist so weit vorgewachsen, daß er auf eine Strecke von über 300 m das gegenüberliegende Ufer berührt. Der Pitzenbach hat, nachdem er seinen Schuttkegel in geradliniger Richtung nicht mehr weiter vorbauen konnte, seinen Lauf westlich verlegt und mündet nun in den Heiterwangersee; deutlich sieht man besonders an dem Haken in der Südostecke des Sees, wie sich an den großen Schuttkegel nun im Westen ein neuer in den Heiterwangersee sich vorbauender ansetzt. Ein Kanal hält heute an Stelle des früheren stark versumpften Flußlaufs die Verbindung zwischen den zwei Seen aufrecht.

Der kleine Plansee wird durch einen bei der Seespitze von Nordosten vorgewachsenen Schuttkegel vom Plansee getrennt, dort berührt dieser eben erst an einem Punkt das gegenüberliegende Ufer, so daß die Verbindung durch eine etwa 8 m breite und $1^1/_2$ m tiefe kurze Rinne noch aufrecht erhalten ist, durch die das Planseewasser mit kräftiger Strömung hindurchfließt.

Abgesehen von diesen Schuttkegeln, die eine Trennung des Sees in mehrere Teile herbeigeführt haben, hat die ursprünglich geradlinig verlaufende, den Talwandungen entsprechende Uferlinie durch zahlreiche weitere Schuttkegel am nördlichen und südlichen Ufer eine starke Gliederung erfahren. Im allgemeinen ist die Schuttzufuhr am Südufer eine weit größere als am Nordufer, was auf die kräftigere Wirkung der Atmosphärilien in Verbindung mit der auf beiden Ufern verschiedenen Schichtstellung des Dolomitgesteins zurückzuführen ist; während im Norden zumeist Schichtflächen die Abdachung bilden und daher nur geringe Angriffspunkte bieten, treten an den Wänden des Südufers überall die Schichtköpfe zutage, an denen Wind und Wetter natürlich eine weit kräftigere Tätigkeit entfalten können. Die vornehmlich von Nordwest kommenden Regenwinde prallen an die hohe Spießwand und die dahinterliegenden Ketten unvermittelt an und bewirken eine weitgehende Zerklüftung. Die das

Nordufer bildenden Wände des Tauern- und des Zwieselberges machen einen viel geschlosseneren Eindruck.

Im einzelnen fällt am Südufer des Plansees vor allem der große, etwa 350 m vorspringende Schuttkegel des Spießbaches auf, der sich dem gegenüberliegenden Ufer bereits bis auf ca. 270 m genähert hat und einmal den Plansee abermals in zwei Teile spalten wird (Abb. 2, Tafel 27). Östlich und westlich davon bauen sich zahlreiche kleine Kegel in den See vor; im allgemeinen darf man bei diesen die alte Uferlinie um mindestens 100 m weiter südlich als heute ansetzen. Am östlichen Ende des Plansees erfolgt eine bedeutende rezente Aufschüttung durch den vom Faselkopf kommenden Wildbach, der sich jedoch nicht so sehr geltend macht, weil fast alles Material auf der den Plansee im Osten abdämmenden Schwelle abgelagert wird und der Bach nur bei starkem Hochwasser den See erreicht. — Am Nordufer findet sich der bedeutendste Schuttkegel 1 km östlich von der Seespitze; von hier reiht sich östlich bis zur Forelle ein Kegel an den andern, so daß man die alte Uferlinie mindestens 70 m weiter nördlich ansetzen darf. Am nordöstlichen Ende hat der Plansee eine sehr beträchtliche Zuschüttung erfahren. Wir bemerken hier eine auf der Karte deutlich hervortretende vom See aus nördlich verlaufende ca. 500 m breite und über 1 km lange ebene Fläche; diese ist ganz von groben Flußschottern erfüllt und stellt ehemaligen Seegrund dar, der durch die Alluvionen des Erzbachs zugeschüttet worden ist. — Der Ausfluß des kleinen Plansees, ebenfalls durch einen Schuttkegel beeinflußt, hat sich früher weiter nordwestlich befunden. Hier fließt der Archbach über anstehendes Gestein. Der Schuttkegel hat den Ausfluß zurückgedrängt und zeitweilig wohl eine Erhöhung des Seespiegels hervorgerufen, die jedoch wegen der geringen Widerstandsfähigkeit des Schuttmaterials bald wieder dem normalen Stand gewichen ist.

Der Heiterwangersee weist sowohl im Süden wie im Norden eine weit geringere Zuschüttung als der Plansee auf, die außerdem sehr wenig in die Augen springt, da sie fast vollständig der Gliederung entbehrt (Abb. 2, Tafel 27). Auch am Westende ist die Zuschüttung gering. Nach dem Eindruck der Karte wäre man versucht, das ganze Becken von Heiterwang als alten Seegrund zu erklären, aber Beobachtungen, die später noch näher zu erörtern sind, beweisen, daß wir es hier bereits mit dem

glazialen Talboden, der durch Moränen charakterisiert ist, zu tun haben. Der Grundbach hat natürlich auch rezente Alluvionen hergeschafft, ihre Grenze dürfte aber durch einen von der Bezeichnung „Fischerhaus" mit einem Radius von 500 m geschlagenen Kreisbogen bezeichnet sein.

Wenn wir alle Zuschüttungen summieren, die das Becken des Planseesystems erfahren hat, kommen wir zu dem Resultat, daß es früher nach dem Schwinden des Eises um mindestens 3 qkm größer gewesen sein muß als heute, wo seine Fläche 4,20 qkm beträgt. Wir haben demnach einen ganz enormen Grad der Zuschüttung vor uns, wie er uns nur selten in gleichem Maße begegnet Abgesehen davon aber müssen wir wohl berücksichtigen, daß sowohl der Plansee im Osten im Bereich der heutigen Planseeschwelle, wie der Heiterwangersee im Westen bei Heiterwang eine erheblich größere Ausdehnung gehabt hat, die beiderseits auf die früher höhere Lage des Seespiegels um 10—15 m zurückzuführen ist, so daß der See über die Moränenablagerungen, die sich an beiden Orten finden, transgredierte. Als eigentlichen alten Seegrund kann man dieses nicht bezeichnen, immerhin aber muß daraus auf eine früher größere Ausdehnung des Planseesystems um zusammen sicher 1,5—2 qkm geschlossen werden, so daß uns die heutigen Seen immer mehr nur als ganz schwache Überreste erscheinen.

Ist das Uferbild der Seen in weitgehendster Weise durch die Menge der Schuttzufuhr beeinflußt, so stehen das Seebecken und die Wasserfüllung in großer Abhängigkeit von der Art der Zuschüttung. Es wurde schon einmal darauf hingewiesen, daß beide Seen mit Ausnahme des in den Heiterwangersee mündenden Mühlbachs keinen einzigen ständigen offenen Zufluß besitzen. Alles Wasser versickert in dem die Seen rings umgebenden Schutt und erreicht den See auf unterirdischem Wege. Die Schuttmassen wirken wie ein Filter, so daß alles Zuflußwasser den See in hohem Maße frei von suspendierten Bestandteilen erreicht. Nur nach anhaltenden starken Regengüssen oder während der Schneeschmelze erreichen die größeren Wasserläufe den See. Auch der Mühlbach führt, da er nur eine ganz kurze Laufstrecke besitzt, sehr wenig Schlamm. Die Folge dieses Zustandes ist, daß der Plansee ständig klares Wasser führt, das auch bei Hochwasser nur ganz lokale Trübung erfährt. Da das Zuflußwasser stets

kälter ist als das Seewasser und durch die Belastung mit Sinkstoffen noch ein erhöhtes spezifisches Gewicht hat, sinkt es nach der offenen Einmündung in den See sehr schnell in größere Tiefen und läßt die Oberfläche ungetrübt. Das Seebecken aber wird insofern sehr beeinflußt, als die Aufschüttung durch Schlamm keine sehr bedeutende ist; die Schuttkegel senken sich deshalb steil ab und sitzen mit scharfem Knick auf dem ebenen Seegrund auf. Die Betrachtung der Profile lehrte, daß überall da, wo erhöhte Schlammzufuhr vorhanden ist, ein weit ausgeglichenere Gefäll der Seewandungen als andernorts festzustellen ist. (Profil 56—53, 33—20, Tafel 26.)

Das Einzugsgebiet.

Aufschüttung.

Ebenso wie das Planseebecken sind auch sämtliche Täler unseres Gebiets der Schauplatz einer starken rezenten Zuschüttung geworden.

Im Hintertorental (Tafel 24) sind ausgedehnte Flächen von seitlichen Schuttkegeln eingenommen. Die Paßhöhe wird durch einen vom Riegelbach aufgeschütteten Kegel gebildet, auf dem das Dorf Lähn liegt. Wenn wir nach Westen fortschreiten, kommen wir über die großen Schutthalden, auf denen die Weiler Wengle und Aue und das Dorf Bichlbach liegen; die letztere, vom Talbach aufgeschüttet, ist besonders mächtig. Die Höhe über dem Talboden kann beim Austritt in das Haupttal bei allen Schuttkegeln mit mindestens 35 m angegeben werden[1]). Von Bichlbach bis Heiterwang bemerken wir nur geringe Spuren seitlicher Zuschüttung, der Grundbach schneidet in seine eigenen Alluvionen 3—4 m tief ein. Das Dorf Heiterwang liegt auf einem großen vom Thaneller herabkommenden Schuttkegel. Der Paß Ehrenberg endlich ist durch Zuschüttung, die von den nördlichen Ausläufern des Thanellers stammt, nicht unbeträchtlich erhöht. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß sämtliche Siedelungen des Hintertorentals auf der Höhe der Schuttkegel liegen; der Grund hierfür ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß eine solche Lage den besten Schutz gegen Überschwemmungs- und Lawinengefahr gewährt. Als weiterer Grund darf wohl angeführt werden, daß bei dieser Dorfanlage die Wasserversorgung eine große Rolle

[1]) Messung am Schuttkegel des Weilers Aue.

spielt: Das von den Seitentälern und Runsen des Haupttals kommende Wasser versickert in den eigenen Schuttkegeln immer mehr, je weiter es sich der Haupttalsohle nähert, während es oben noch in unverminderter Kraft und gleichmäßiger fließt.

Gewaltige Schuttmassen finden wir in der Gegend um Ammerwald, die aus den steilen Seitentälern des Erzbachs stammen; der kräftige Bach hat sie großenteils erodiert, wodurch die gänzliche Zuschüttung des nordöstlichen Ausläufers des Plansees erklärt ist.

Erosion.

Der von Lähn im Hintertorental gegen Lermoos fließende Lusbach hat durch seine Erosion mächtige Moränenlager über 30 m hoch aufgeschlossen. Das Bett des Grundbachs dagegen sahen wir nur unbedeutend vertieft, da der Planseespiegel als relativ feste Erosionsbasis eine Tieferlegung hindert. Die scharfen Einschnitte des Talbachs und seiner Quelläste, des Alpesbachs (Abb. 4, Tafel 28), Alpbachs und Stockachbachs erweisen sich als rezente Bildungen in breiten Glazialtälern. Der Alpesbach legt am Mühlboden rechts ein mächtiges Lager von Moräne und darüber lagernden Alluvionen frei, während er links die hohe Stufe von Berwang bildet. Der Archbach, der Ausfluß der Seen, trägt denselben rezenten Charakter; auf seinem Weg zum Lech über die prachtvollen Stuibenfälle, schneidet er ca. 70 m mächtige Moränenlager an. Der Archbach hat sich mindestens 10—15 m in das anstehende Gestein eingeschnitten und eine dementsprechende Senkung des Seespiegels verursacht. Der Durchbruch des Erzbachs durch die Torsäulen ist eine rezente Bildung, ebenso wie das Neidernachtal in seiner heutigen Tiefe ein Werk postglazialer Erosion ist.

Daß im übrigen alle kleineren Täler und alle Berge entsprechend der leichten Zerstörbarkeit des vorherrschenden Dolomitgesteins in hohem Maße von der Erosion bearbeitet wurden, braucht kaum besonders erwähnt zu werden. Die gewaltigen Schuttkegel und die schlechte Erhaltung glazialer Formen, worauf wir nun zu sprechen kommen, legen davon beredtes Zeugnis ab.

c) Allgemeiner glazialer Charakter des Gebiets.

Trotz aller postglazialen Akkumulation und Erosion ist der allgemeine glaziale Charakter des Gebiets noch wohl zu er-

kennen. Wir treffen zwar selten jene ganz typischen Berg- und Talformen, wie sie uns so außerordentlich charakteristisch in den Zentralalpen entgegentreten, immerhin aber fallen sie auf den ersten Blick auf. Das ganze Planseegebiet hat unter dem Einfluß der eiszeitlichen Vergletscherung gestanden; mächtige Eisströme flossen durch die Täler, diesen ihre Merkmale aufdrückend, hoch reichten sie an den Talgehängen empor und empfingen von den benachbarten Bergen seitliche Zuflüsse, die ebenfalls deutliche Spuren zurückließen.

Täler.

Das Hintertorental besitzt durchschnittlich 500 m Breite; es wird von einem Bach durchflossen, der in keinem Verhältnis zu den Ausmaßen des Tales steht, der es unmöglich in seiner jetzigen Form ausgestaltet haben kann. Wir brauchen uns nur zu vergegenwärtigen, daß das Hintertorental häufig nur wenig schmaler ist als das obere Lechtal, daß dieses aber von einem Fluß durchtsrömt wird, der wohl die hundertfache Bedeutung des Grundbachs besitzt. Das Profil Zingerstein — Bichlbächleberg (Figur 1) zeigt, wie an den ebenen Talboden verhältnismäßig steil und scharf die Talwandungen ansetzen und dem Tal die trogförmige Gestalt verleihen, die als typisch für glazial ausgestaltete Täler angesehen wird. Die großen Schuttkegel haben das ursprünglich durch die Gletscher geschaffene Profil natürlich stark verwischt; wie dieses in seiner Urform aussieht, darüber gehen die Meinungen noch auseinander: während Penck die U-Form annimmt, tritt Stiny[1]) für eine Kastenform ein. Jedenfalls aber kommt bei unserm Profil recht gut die Tatsache zur Geltung, daß glazial ausgestaltete Täler stets mehr oder weniger konkave Formen aufweisen, während normale Flußerosionstäler immer ein konvexes nach unten zu steiler werdendes Profil zeigen.

Das eben gegebene Profil wiederholt sich überall im Hintertorental und auch bei den Planseeprofilen sahen wir dieselbe Erscheinung stets wiederkehren. Das Profil Tauernberg — Heiterwangersee — Kohlberg (Figur 1) zeigt die oben besprochenen Eigenschaften aufs beste; besonders gut kommt die ausgesprochene Konkavität der Talwandungen hier zur Geltung.

[1]) Peterm. Mitt. 1912. II. S. 247.

— Was die Taleinschnitte betrifft, die postglazialer Erosion ihre heutige Gestalt verdanken, wie der Alpesbach, so wurde bereits betont, daß sich fast überall die breiten glazialen Talböden aus der Form der Talwandungen rekonstruieren lassen. Gerade am Alpesbach sehen wir aufs deutlichste, wie die oben konkave Form des Glazialtals in die konvexe des typischen Erosionstals übergeht.

Mehr als diese allgemeine Form kann an den Tälern unseres Gebiets nicht beobachtet werden; die feineren Unterscheidungen wie Trog, Schulter etc. sind nirgends mehr festzustellen, da sie infolge der leichten Zerstörbarkeit des Gesteins — besonders des vorherrschenden klüftigen Dolomits — gänzlich verwischt sind.

Berge.

Wir müssen hoch in die Berge hinaufsteigen, um ein eindeutiges Glazialphänomen zu finden, die Karbildung. Doch auch diese tritt nur in verhältnismäßig seltenen Fällen klar und typisch in Erscheinung und es muß hier bemerkt werden, daß die bayerische Karte 1:50000, vielleicht in dem hier oft gar nicht angebrachten Bestreben die kopierte österreichische Karte zu korrigieren und zu verdeutlichen, morphologische Darstellungen von Karen gibt, die zuerst beim Kartenstudium den Karcharakter als unzweifelhaft erscheinen lassen, die sich aber in der Natur in der Mehrzahl der Fälle als Gebilde erweisen, die mit dem Begriff des Kares nichts zu tun haben. (Vgl. Tafel 24.)

Der Rote Stein (2369 m), die höchste Erhebung unseres Gebiets, ist der Schauplatz der stärksten Lokalvergletscherung gewesen, deren Spuren in gewaltigen Moränenresten in der Gegend von Berwang aufgeschlossen sind. Nach allen Seiten hat er Gletscher in die Täler hinabgesandt, wovon zwei typische Karbildungen Zeugnis geben. Das eine Kar liegt nördlich der Suwalspitze (2162 m), jenes westlichen Ausläufers des roten Steins, das andere auf der Ostseite des roten Steins, zum Stockachbachtal hin geöffnet. Bei beiden finden wir nicht nur eine starke Verebnung des Karbodens, sondern auch eine ausgeprägte Schwelle, die nach unten zu einem steileren Gefäll Platz macht; der Karboden seinerseits geht nach drei Seiten in die steilen Karwandungen über. Als Mittelhöhen der Karböden können 1950 bezw. 1900 m angegeben werden.

War das Gebiet des Roten Steins das Gebiet der stärksten Lokalvergletscherung, dessen Eisströme durch den Einschnitt des Talbachs ins Haupttal gelangten, so finden wir das Hintertorental von dem stärksten Talgletscher eingenommen. Auch hier ist das Karphänomen auf der Nord- wie auf der Südabdachung deutlich ausgebildet. Dort finden wir an der Bleispitze (2227 m) nördlich P. 2059, hier am Blattberg (2248 m) zu beiden Seiten der von Lähn zum Gebirgskamm hinaufziehenden, die Wasserscheide unseres Gebiets bildenden Rippe westlich vom Hebertaljoch und südlich P. 2248 gut ausgeprägte Kare; eine eigentliche Karschwelle ist nicht vorhanden, wohl aber ist eine deutliche Verebnung des Karbodens in 1850, bezw. 1900 und 1850 m zu bemerken. Die Fortsetzung des Blattbergzuges bildet der Zingerstein (2205 m) und sein Ausläufer, der Kohlberg; an beiden ist nichts von Karen zu bemerken. Die auf die Bleispitze nach Westen folgenden Berge dagegen sind zu niedrig, als daß sie hätten zur Karbildung führen können, während Axljochberg (2016 m) und Thaneller (2343 m) trotz ihrer Höhe keine Kare aufzuweisen haben.

Während die das Planseetal begleitenden Gehänge keine eigentliche Karbildung aufweisen, finden wir im nördlichen Ausläufer unseres Gebiets zwei ganz prächtige Kare, die beide nach Osten exponiert sind. Sie besitzen eine so typische Ausbildung, wie sie in den Kalkalpen nicht allzuhäufig anzutreffen ist; die Zeichnung auf der Karte gibt sie mit einer Deutlichkeit wieder, die in diesem Fall wohlberechtigt ist und in der Natur vielleicht noch übertroffen wird. Beide Kare, den Talschluß des Hirschfengbachs und des parallel dazu fließenden weiter südlich gelegenen unbenannten Bachs bildend, sind in Grate eingeschnitten, die vom Kreuzkopf (1908,4 m) nördlich und südlich ausstrahlen; beide werden von steilen Karwandungen umgeben und durch eine scharfe, vom Kreuzkopf östlich vorspringende Karzwischenwand getrennt. Bei beiden treten wir über eine äußerst steile Stufe bei 1600 m auf eine deutliche Karschwelle und einen flachen, langsam nach Westen ansteigenden Karboden, der dann scharf in die steilen Wandungen übergeht. Die Höhe des Karbodens ist bei beiden im Mittel in 1600 m zu setzen. Wir haben hier Musterbeispiele vor uns, die mit fast mathematischer Genauigkeit den Satz beweisen,

den Penck[1]) aufgestellt hat, daß „benachbarte Kare in der Regel nahezu übereinstimmende Höhe des Bodens zeigen."

Wir bringen im folgenden eine Zusammenstellung der Mittelhöhe der Böden aus den beobachteten Karen.

	m
Gebiet des Roten Steins	
Kar an der Suwalspitze	1950
Kar zum Stockachbachtal	1900
Hintertorental	
Bleispitze, Kar zum Riegelbach	1850
Blattberg, östliches Kar	1900
Blattberg, westliches Kar	1850
Erzbachtal	
Kar zum Hirschfengbach	1600
Kar südöstlich vom Kreuzkopf	1600

Haben wir bisher Erscheinungen betrachtet, die den Charakter des Kars einwandfrei besitzen, so haben wir nunmehr noch von Gebilden zu sprechen, die in zweifelloser genetischer Beziehung mit den Karen stehen, die in gleicher Höhenlage (bezw. entsprechender) wie diese sich befinden, die sicher auch von Eis ganz eingenommen waren: Wir meinen die großen Quelltrichterbildungen, denen man glaziale Beeinflussung ohne weiteres zuerkennt, die aber aus verschiedenen Gründen auf einer tieferen Stufe der Entwicklung stehen geblieben sind, so daß man die Bezeichnung „Kar" unmöglich auf sie anwenden kann. Die Gründe, die es verhindern, daß ein Quelltrichter den unter dem Einfluß des Eises normalen Entwicklungsgang zum Kar nimmt, sind, wie gewöhnlich angenommen wird, einerseits die zu geringe Breite des Gebirgskörpers, andererseits der zu große Neigungswinkel des Gehänges, der nach E. Richter 31° nicht überschreiten darf[2]).

Im Planseegebiet kann in anschaulicher Weise der Übergang vom Quelltrichter zum Kar gezeigt werden. Das Anfangsstadium des reinen Trichters ist sehr häufig zu erkennen und tritt in typischer Form z. B. nordwestlich der Bleispitze am „Mähberg" auf. Eine fortgeschrittenere Bildung zeigen die Trichter am Roten Stein östlich des bereits beschriebenen Kares an der Suwal-

[1]) „Alpen im Eiszeitalter". S. 266. (Im folgenden als A. i. E. zitiert.)

[2]) Vgl. L. Distel, Die Formen alpiner Hochtäler etc. Mitt. Geogr. Ges. München VII. 1912. S. 102.

spitze, ferner die nordöstlich und nordwestlich vom Thaneller gegen Heiterwang zu geöffneten Gehängemulden. Einen schon sehr karähnlichen Typus endlich vertreten der Trichter, der westlich des Blattbergs bei der Spitze „Auf dem Zahn“ zwischen den Punkten 2176, 2097, 2080 liegt, weiterhin die nördlich des Zingersteins und nordwestlich vom Blattberg liegenden Mulden, die durch den Pitzenbach zum Heiterwangersee entwässert werden. Bei diesen drei letzten Bildungen ist bereits die Andeutung einer Verflachung des Bodens sichtlich vorhanden, so daß wir diese als das letzte Stadium vor der Ausbildung des eigentlichen Kars bezeichnen können.

Durch alle diese hier erwähnten Erscheinungen fanden wir es aufs deutlichste bestätigt, daß zwischen Trichtern und Karen ein genetischer Zusammenhang besteht, der fortlaufend von den primitiven Quelltrichtern zu den komplizierten Karformen führt.

Wir geben im folgenden eine Zusammenstellung der Mittelhöhen der verschiedenen Trichter und setzen diese in Beziehung zu den früher erhaltenen Karbodenhöhen. Es dürfte einige Berechtigung haben Mittelhöhen der Trichter mit Karbodenhöhen zu vergleichen, da ein aus einem Trichter entstehendes Kar im wesentlichen nach rückwärts von den Trichterwänden aus in den Gebirgskörper eingegraben wird, während der seiner Höhenlage nach an sich schon sehr schwer oder überhaupt kaum zu bestimmende Trichtergrund keine Rolle bei der Anlage des Kars spielt.

Gebiet des Roten Steins	m
Trichter zum Alpbachtal	1850
Roter Stein—Suwalspitze:	
Östlicher Trichter	1950
Westlicher Trichter	1900
Hintertorental	
Trichter östlich von „Auf dem Zahn“	1900
Thaneller, östlicher Trichter	1650
Thaneller, westlicher Trichter	1650
Planseetal	
Zingerstein, nördlicher Trichter	1650
Trichter zum Pitzenbach	1650

Die vorstehenden Zahlen zeigen, daß der Höhenlage nach Kare und Trichter sehr gut übereinstimmen, ein Umstand, der

ohne weiteres zu der Behauptung führt, daß beide genetisch zusammengehören müssen.

Es liegt nahe, daß wir uns nach der Betrachtung der Kare und Quelltrichter fragen, wie der Verlauf der oberen Gletschergrenze in unserem Gebiet war. Eine Festlegung derselben wird dann einwandfrei möglich, wenn man die obersten Grenzen der Geschiebevorkommnisse auffindet. Diese festzustellen lag jedoch nicht im Rahmen unserer Arbeit.

Eine andere Frage ist die, ob wir nicht aus der Höhe der Kare, bezw. der annähernd geschätzten der Trichter, die wir dem Karniveau sich auffallend einfügen sahen, eine ungefähre, wenn auch rohe Schätzung der Eisstromhöhe unternehmen dürfen. Nach Penck[1]) sind wir berechtigt aus Karhöhen auf Eishöhen schätzungsweise zu schließen. Er sagt, daß „sich im großen und ganzen die Karböden parallel zur alten Eisoberfläche von der Mitte des Gebirges nach dessen Rändern hin" senkten. Sie halten sich, soweit es sich um seitliche Zuflüsse der Gletscher handelt, in der Regel unter dem Niveau der oberen Gletschergrenze.

Die oben besprochenen Karbildungen und die ebenfalls kurz skizzierten Trichter — mit Ausnahme des Roten Steins lauter direkte seitliche Zuflüsse des großen Talgletschers – zeigen allerdings eine gewisse Kontinuität in ihrer Höhenlage. Daß sie am Roten Stein am höchsten sind (rund 1900 m), erklärt sich aus der starken Lokalvergletscherung dieses Gebiets. Im Hintertorental bei Lähn finden wir die Kare in 1850 bis 1900 m Höhe, talabwärts bei Heiterwang sind sie nach Quelltrichterhöhen zu urteilen in ca. 1650 m zu suchen, also auf 8 km Entfernung 200 m Höhenunterschied. Im Planseetal muß die Karhöhe mit ca. 1650, bei Ammerwald mit 1600 m angenommen werden. Wenn in die Höhen der Karböden die Minimalhöhe des Eises verlegt wird, so würde das Gefälle der Eisoberfläche von Lähn bis Heiterwang rund 25 ‰ betragen haben. Bei Ammerwald ist der Eisstand relativ höher, weil hier der Gletscher einen Anstieg zu bewältigen hatte und außerdem durch kräftigere lokale Zuflüsse verstärkt wurde. R v. Klebelsberg[2]) hat einer jüngst erschienenen Arbeit über das Voralpengebiet zwischen Lech und

[1]) A. i. E. S. 2 6.

[2]) Glazialgeologische Notizen vom bayrischen Alpenrande. Zeitschr. f. Gletscherkde. VII. 4. 1913. S. 225.

Ammer ein Kärtchen der Maximalvergletscherung beigegeben (S. 226), auf dem auch noch der Ammergletscher teilweise eingezeichnet ist; er gibt oberhalb Linderhof „bei den 3 Brünnlein" eine Eishöhe von 1500 m an, was gut mit der von uns bei Ammerwald in 1600 m angenommenen übereinstimmt.

d) Die Moränenablagerungen im Planseegebiet.

Nach dem Vorausgeschickten ist die Annahme nicht unberechtigt, daß die Eiszeit, die unser ganzes Gebiet beeinflußt hat, auch bei der Entstehung des Plansees eine Rolle gespielt hat. — Der Plansee ist auf allen Seiten von anstehendem Dolomit umgeben, auch der Ausfluß des Archbachs hat sich tief ins feste Gestein eingegraben. Nur im Osten wird der See durch eine Schwelle lockeren Schuttmaterials begrenzt, die durch den Schellbach angeschnitten und in 70 m Mächtigkeit bloßgelegt wird. Diese den See aufstauende Schwelle ist zweifellos der springende Punkt für die Entstehungsgeschichte des Plansees. Wir wollen zuerst die Schwelle betrachten, dann die glazialen Ablagerungen des übrigen Planseegebiets auf ihre Übereinstimmung mit dem Aufbau der Schwelle untersuchen um uns schließlich ein Bild von der Seeentstehung zu machen.

Die Planseeschwelle.

Die Planseeschwelle wurde zuerst von Penck in V. D. A. beschrieben; er spricht von horizontal geschichteten Schottern, die durchwegs die Schwelle aufbauen und den See abdämmen; er vergleicht sie mit dem den Achensee im Süden begrenzenden Damm und findet einen großen Unterschied darin, daß dort Deltastruktur vorhanden sei, die hier vollständig fehle. In den A. i. E. ist von der Planseeschwelle nicht die Rede, deshalb muß angenommen werden, daß in den Ansichten Pencks keine Änderung eingetreten ist.

Geistbecks kurze Ausführungen (S. 21) stimmen ganz mit Penck V. D. A. überein.

Ampferer befaßt sich (S. 353 ff.) eingehender mit der Zusammensetzung der Schwelle und sagt etwa folgendes: Die ganze Schuttschwelle besteht aus geschichteten und gerollten Schottern, von denen die tieferen Lagen wohlgerundete, horizontal geschichtete Schotter zeigen, während die obersten undeutliche

Schichtung besitzen, schlecht gerollt sind und einzelne gekritzte Geschiebe und nicht selten zentralalpine Gerölle aufweisen. Ungefähr in der Mitte der Schwelle brechen starke, wohl vom Plansee abzuleitende Quellen hervor, welche wohl ein im Liegenden der Schotter befindliches Lager von „Grundmoränen oder Bändertonen“ verraten dürften. Den Schottern gibt Ampferer eine Gesamtmächtigkeit von 120 m, indem er angibt, daß sie von 920 m (Felsgrund des Neidernachtals)[1]) bis 1040 m am Scheiderücken zwischen Neidernach und Neuweidbach emporstreichen.

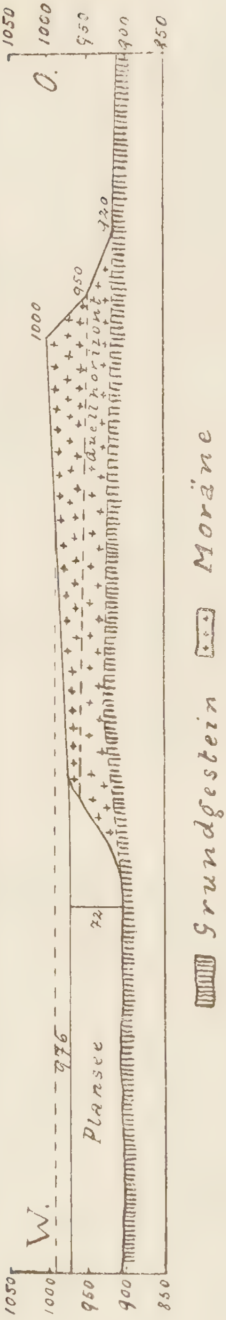
Ampferers Mitteilungen befriedigen nicht vollständig, denn er spricht zuerst ausdrücklich von Schottern, welche die ganze Schwelle (926—998 m) bilden, danach aber von Quellaustritten, die auf Grundmoräne schließen lassen. Dieses läßt sich unmöglich zusammenbringen, denn, wenn die ganze Schwelle als von Schottern gebildet erklärt wird, ist das Liegende derselben erst unter 926 m zu suchen; dann wäre es aber der Felsgrund des Neidernachtals, der unterhalb in 920 m zutage tritt. Wenn wir aber in der Hälfte der Schwelle bei den Quellen (also ca. 960 m) Moräne annehmen, so kann nicht die ganze Schwelle als von Schottern gebildet erklärt werden; den Schottern müßte dann eine um 40 m geringere Mächtigkeit zugewiesen werden. Da Ampferer die ganze Schwelle als von Schottern gebildet erklärt, so müßte wohl seine Annahme einer Grundmoräne hinfällig sein.

Die Planseeschwelle (Figur 2 und Abb. 3, Tafel 28) stellt sich uns als eine im Osten steil zum Schellbach abbrechende Stufe dar, die sich im Westen langsam zum Plansee absenkt.

Nach unsern Beobachtungen können wir weder Penck noch Ampferer bei der Beschreibung der Schwelle zustimmen. Sie ist weder ganz aus diluvialen Schottern aufgebaut, noch teilweise aus Schottern und Moräne, sondern sie besteht in ihrer ganzen Mächtigkeit aus Moränenmaterial. Aufschlüsse in allen Höhenlagen, größtenteils miteinander zusammenhängend, erweisen diese Tatsache einwandfrei.

Etwas höher als im ersten Drittel der Schwelle finden wir einen Quellhorizont, der in etwa 950 m anzusetzen ist. Die

[1]) Ampferer hat für den Schellbach die Bezeichnung „Neidernach“.



Figur 2. Profil durch die Planseeschwelle. Längenmaßstab ca. 1:25000, Höhenmaßstab 1:10000.

Quellen, 8–10 an der Zahl, brechen in annähernd gleichem Niveau mit höchstens 5 m Höhendifferenz hervor. Unmittelbar unter ihnen ist überall typische Moräne aufgeschlossen, ein äußerst zäher, gelblich brauner, sehr kalkhaltiger Lehm, in den kantengerundetes, wundervoll gekritztes Geschiebematerial in großen Mengen und nicht selten zentralalpines Gestein eingebacken ist.

Mit den Quellaustritten ist ein deutlicher Gefällsknick verbunden, indem die bisher sanft ansteigende Schwelle plötzlich in einen Abbruch mit sehr steiler Böschung übergeht. Der Grund hierfür ist leicht einzusehen: Der untere Teil ist der Schuttkegel des durch die starken Quellen fortgeschafften Materials; die Quellen arbeiten nach der Tiefe und nach rückwärts, von oben fällt Schutt herab, da er seiner Unterlage beraubt ist, das fließende, aus den Quellen ausgetretene Wasser endlich verfrachtet ihn nach unten.

Über den Quellaustritten finden wir Aufschlüsse, die eindeutiges, ungeschichtetes Moränenmaterial aufweisen: Kantengerundete, gekritzte Geschiebe, mit nicht seltenem zentralalpinem Material durchsetzt. Das unterhalb der Quellen vorhandene Bindemittel des zähen Lehms fehlt hier, wir können von einer mehr lockeren und sandigen Moräne, auch in typischer Ausbildung sprechen.

Lediglich im Aussehen der Moräne ober- und unterhalb der Quellen kann ein Unterschied festgestellt werden: Unten eine lehmige, oben eine sandige Moräne, beides Typen, wie wir sie alltäglich zu sehen gewohnt sind. Man wird entschieden zu weit

gehen, wenn man diesen Unterschied im Habitus zur zeitlichen Trennung der Moränen verwerten wollte, etwa in dem Sinn, daß sie verschiedenen Vergletscherungen angehören. Wir glauben auch, wie später noch näher zu begründen sein wird, nicht, daß es angängig ist eine Unterscheidung einzuführen, indem man die untere Bildung als Grundmoräne, die obere dagegen als Rückzugsmoräne bezeichnet und beide demselben Gletscher zwar, aber doch verschiedenen Phasen seiner Tätigkeit zuschreibt. Wir halten im Gegenteil die Planseeschwelle als einheitliche Moränenbildung eines im Rückzug befindlichen Gletschers.

Die an der Verbauung entspringenden Quellen geben uns dagegen eine leichte und einfache Erklärung für das verschiedene Aussehen der Moräne unten und oben. Die Quellen, die das ganze Jahr hindurch in gleicher Stärke fließen und eine fast konstante Temperatur aufweisen, können nur vom Plansee abgeleitet werden, denn einerseits rinnt alles oberflächliche Wasser der Schwellenabdachung folgend zum See hin, andererseits ist das in Frage stehende Einzugsgebiet viel zu klein, um so kräftige Quellen auch in der trockensten Zeit gleichmäßig zu speisen. Das vom See in die Moräne eintretende Wasser muß einer relativ undurchlässigen Unterlage folgen; diese wird durch die untere Moräne dargestellt. Wir halten die obere Moräne für eine durch das vom Plansee kommende Wasser in Verbindung mit den Niederschlägen ausgeschlemmte Bildung, die früher einmal ebenfalls den Charakter der unteren lehmigen Moräne besessen hat. Die Ausschlemmung ist ein auch heute noch wirkender, fortschreitender und immer tiefer greifender Vorgang, dessen Endziel die Auslaugung der ganzen Schwelle ist.

Demgegenüber wird man einwenden, daß diese Erklärung nicht hinreichend ist für die Deutung der Ausschlemmung der oberen und obersten Teile der Planseeschwelle, da bei dem heutigen Stand des Seespiegels in 976 m unmöglich Wasser bis fast 1000 m eindringen kann. Dieser Einwand wird leicht zerstreut, wenn wir uns daran erinnern, daß der Planseespiegel früher in höherem Niveau gestanden hat und daß der rezente Einschnitt des Ausflusses am Archbach eine nicht unbedeutende Senkung desselben (sicher um 10—15 m) verursacht hat. Früher muß ein beträchtlicher Teil der westlichen Schwellenabdachung

vom Plansee überschwemmt gewesen sein, wie wir es in unserm Profil durch die gestrichelte Linie oberhalb des Seespiegels angedeutet haben. Die natürliche Folge davon ist, daß damals faßt im ganzen Bereich der Schwelle Seewasser eingedrungen sein und seine ausschlemmende Tätigkeit entfaltet haben wird. Wegen der großen Wasserbedeckung muß auch die Menge und damit die Wirksamkeit des eindringenden Wassers eine weit größere gewesen sein als heute, so daß der Prozeß der Ausschlemmung sehr rasch vor sich gehen konnte und allmählich bis zu seinem heutigen Stand vorrückte. Als der See sich infolge Tieferlegung zurückzog, trat eine erhebliche Verlangsamung dieses Vorgangs ein. Das hier Vorgebrachte stimmt übrigens auch recht gut mit der Überlegung überein, daß die heutigen Schuttkegel unterhalb der Quellen fast zu groß sind um sie durch die Wirkung der jetzigen Quellen entstanden erklären zu können, daß aber mit der Annahme einer größeren Wassermasse und Kraft dieser Einwand hinfällig ist.

Die hier gebrachten Erwägungen finden auch eine Stütze in der äußeren Betrachtung der Westabdachung der Planseeschwelle. Vom Scheitelpunkt in rund 1000 m senkt sie sich auf 1,5 km Entfernung ganz allmählich zum Seespiegel (976 m) ab. Die dichte Bewaldung verhindert es zu untersuchen, aus welchem Material sie oberflächlich besteht, doch verraten zahlreiche zentralalpine Gesteine und stellenweise wohlgekritzte Geschiebe denselben Charakter wie an den Aufschlüssen. Kurz vor dem See sahen wir die Schwelle von einer mächtigen Mure überschüttet. In der Mitte der Verbauung, etwa 800 m vom Scheitelpunkt östlich entfernt, finden wir eine große, auch auf der Karte verzeichnete Waldlichtung, die völlig eben eine üppige, etwas versumpfte Wiese trägt und ganz den Eindruck eines vom See verlassenen Grundes macht. Der See besaß hier nur eine sehr geringe Tiefe; wir haben schon von dieser Bildung als Transgression gesprochen.

Die Beobachtungen von Penck und Ampferer, die von Schottern sprechen, beruhen allem Anschein nach auf Aufschlüssen an der neuen Straße, die sich an dem den Schellbach vom Neuweidbach trennenden Rücken in großer Serpentine hinaufzieht. Hier findet sich in einem Niveau von etwa 960 m in der Tat eine Art Schotter, die wohl mit den tieferen Schotter-

lagern Ampferers zu identifizieren ist. Es kann jedoch auch hier nicht der Beobachtung echter diluvialer Schotter beigestimmt werden. Nur der geringste Teil des Materials besteht aus typischen wohlgerundeten Schottern, alles übrige ist kaum abgerollt, nur kantengerundet und unterscheidet sich durch nichts von Moränenmaterial; gekritzte Geschiebe sind, wenn auch nicht häufig, vorhanden. Schichtung ist nur sehr undeutlich zu beobachten und fehlt zumeist ganz, kurz diese Aufschlüsse zeigen uns das, was man gemeinhin als Schottermoräne bezeichnet (s. Penck, A. i. E. S. 14!). Vorherrschend ist kalkalpines Material; zentrale Gesteine sind nicht selten.

Auf die Art und Weise, wie wir uns diese Schottermoräne abgelagert denken, soll später noch eingegangen werden. Es sei hier nur betont, daß sie mit der eigentlichen Planseeschwelle nicht identifiziert werden kann, da sie ungefähr 150 m weiter östlich an dem schon erwähnten nach Osten vorspringenden Scheiderücken liegt, dessen anstehendes Gestein verschiedentlich zum Vorschein kommt.

Ampferer setzt die obere Grenze der Verbauung in 1040 m und leitet sie, wie wir sahen, aus Schottern ab, die auf dem genau 1040 m hohen Scheiderücken gegen den Neuweidbach liegen sollen. Für ihn ist diese Feststellung wichtig, weil er daraus die Höhe seiner interglazialen, bezw. interstadialen Talzuschüttung berechnet, für uns jedoch ist dies ganz unwesentlich, da wir die ganze Schwelle als von Moräne gebildet erkannten, deren Material sich natürlich noch in weit größerer Höhe finden kann. Im übrigen konnte an der fraglichen Stelle auch nur dasselbe Material wie an der Schwelle gefunden werden und keine Schotter.

Auf der neuen österr. geol. Spezialkarte 1 : 75000 Blatt Zirl und Nassereith ist die Planseeschwelle als „Terrassensedimente meist aus lokalem Talschutt“ (qs — übrigens mit falschem, von der Legende abweichendem Kolorit) kartiert; es scheint demnach Ampferer seine frühere Ansicht aufrechtzuerhalten.

Das Einzugsgebiet.

Die Reste von Moränen in unserm übrigen Gebiet sind verhältnismäßig spärlich, alle aber stimmen in ihrem Habitus mit der Planseeverbauung überein und unterscheiden sich untereinander

ander, was natürlich ist, lediglich durch ihre verschiedene Zusammensetzung, vor allem durch den größeren oder geringeren Gehalt oder das Fehlen von zentralalpinem Material.

Wir können hier keine Aufzählung sämtlicher kleiner Moränenreste geben — fast in jedem Kar finden sich solche — sondern beschränken uns auf die Schilderung der Aufschlüsse, die im Zusammenhang mit der Entstehung des Plansees und ihrer Erklärung bedeutsam zu sein scheinen. Im übrigen sei auf die neuen Aufnahmen Ampferers verwiesen, in denen mit großer Genauigkeit die Moränenreste als „Ablagerungen der Rückzugsstadien, Blockmoränen" verzeichnet sind.

In dem gegen Lermoos abfallenden Teil des Hintertorentals sehen wir typische Moränen zentralalpines Material enthaltend bis 30 m hoch vom Lusbach erschlossen.

Im eigentlichen Hintertorental finden wir nördlich von Heiterwang größere Moränenreste. Die Moräne ist halbkreisförmig angeordnet und legt sich in nach Süden offenem Bogen nördlich um eine auf der Karte als Moor bezw. Torfstich bezeichnete Stelle; der Mühlbach fließt im Bogen an ihrem Innenrande entlang. Die Höhe des Moränenzugs, der auf der Karte nur im Westen richtig und einigermaßen deutlich hervortritt, beträgt im Westen ca. 20—25 m, im Osten 10—15 m. Das Material der Moräne ist durchwegs kantengerundet und wohl gekritzt, zentralalpine Geschiebe sind in demselben Maße wie an der Planseeschwelle vertreten. Das ganze, das eine sehr ausgesprochene Wallform aufweist, halten wir für typische Endmoränenreste — Reste wegen der verschiedenen durch Abtragung bedingten Höhe — eines im Heiterwangerbecken eine Zeitlang stationären Gletschers, der sich später weiter ins Hintertorental zurückzog. Innerhalb des halbkreisförmigen Moränenwalls finden wir ein Hochmoor ausgebildet. Der Nachweis von Moräne bei Heiterwang ist ein deutlicher Beweis, daß nicht die ganze Heiterwanger Talweitung, wie es auf den ersten Blick zu behaupten sehr verlockend wäre, alter tiefer Seegrund ist, der durch Alluvionen zugeschüttet wurde. Es wurde schon einmal davon gesprochen, daß nur ein kleinerer Teil des Beckens von Heiterwang zugefüllten See darstellt, während der größte Teil mit Moräne erfüllter Talboden ist, über den der See, als sein Spiegel noch höher stand, lediglich transgredierend übergriff. Wir haben demnach ein

Analogon zu der bereits besprochenen Erscheinung auf der Westabdachung der Planseeschwelle.

Im Planseetal finden sich nirgends Moränenreste, da alles durch die fortlaufenden Schutthalden verhüllt ist. Die über 70 m mächtige, vom Lechgletscher abgelagerte und wohl ins Seitental hineingepreßte Moräne am Archbach wurde bereits erwähnt.

Der Ammerwaldpaß wird von gewaltigen Schuttmassen gebildet, die vom Fischbach in etwa 40 m Mächtigkeit freigelegt werden. Der untere Teil besteht aus ca. 25 m typischer Moräne, während die oberen 15 m grobe, sehr undeutlich geschichtete Alluvionen des Fischbachs sind. In der Moräne konnte zentralalpines Material gefunden werden. Ampferer[1]) hat diesen Aufschluß beschrieben; er setzt ihn in Parallele mit der Planseeverbauung, indem er über der Moräne diluviale Schotter anangibt. Er läßt die Frage offen, ob diese der dem letzten Gletschervorstoß vorangegangenen Aufschüttung zuzurechnen sind oder ob sie als Gebilde des Eisrückzugs der letzten Vergletscherung entstammen. — Wir können Ampferer keinesfalls beistimmen.

Die ausgedehntesten Reste der eiszeitlichen Vergletscherung haben wir im Planseegebiet am Roten Stein. Der Alpesbach schneidet da, wo er nach Osten umbiegt, oberhalb des Mühlbodens am rechten Talgehänge mehrere Moränenaufschlüsse an. Der größte von diesen ist ca. 20—25 m hoch, enthält zahlreiche gekritzte Geschiebe und zeichnet sich wie alle andern durch das völlige Fehlen von zentralalpinem Material aus. Da der Alpesbach noch auf Moräne fließt, muß noch eine größere Mächtigkeit als die durch den Aufschluß erwiesene angenommen werden, die allerdings keinen sehr großen Betrag mehr erreichen dürfte, da kurz weiter oberhalb im Bach das feste Gestein zutage tritt. Auf Abb. 4, Tafel 28 ist der Moränenaufschluß deutlich sichtbar.

Dem Mühlboden westlich gegenüber liegt die steile ca. 100 m hohe Stufe von Berwang, die wie die vorigen Aufschlüsse durch die Erosion des Alpesbachs gebildet wurde (Abb. 4, Tafel 28). In ihrem südlichen Teil wird sie durch einen von Berwang zum Alpesbach fließenden Bach tief zerschnitten (Abb. 4 rechts!), der ebenso wie

---

[1]) Glazialgeol. Beobachtungen etc. Verh. K. K. geol. R. A. Wien 1907. S. 344 ff.

sein kleiner von Südwesten kommender Zufluß auf seinem ganzen Weg Moräne von gleichem Typus wie die am Mühlboden freilegt. Es ist dies zwar kein Beweis, daß die Stufe in ihrer ganzen Mächtigkeit aus Moräne besteht, das aber erscheint sicher, daß sehr mächtige Moränenmassen hier abgelagert sind. Jedenfalls war das jetzige Alpesbachtal beim Mühlboden einmal ganz von Moränenmaterial erfüllt, das erst postglaziale Erosion fortgeschafft hat. Über die hohe Stufe betreten wir den Talboden von Berwang, der bis nahe an das Dorf hin ganz von Moräne erfüllt ist. Berwang selbst liegt auf einem nordost—südwestlich streichenden Rücken festen Gesteins (Kössener Schichten). Der nach Westen aus der Berwanger Talweitung zum Rotlech fließende Seebach schließt wieder Moräne auf, die ähnlichen Charakter wie die eben geschilderten Aufschlüsse trägt. Auf dem Wege von Berwang nach Rinnen finden sich ganz vereinzelte zentralalpine Geschiebe, die dann im Rotlechtal häufiger auftreten[1]). In dem letztgenannten Tal sehen wir also eine Verbindung zwischen Inn- und Lechgletscher. Das Eis des Rotlechtals scheint aber nach dem Fehlen zentralalpiner Geschiebe bei Berwang zu urteilen nicht bis auf den Berwanger Talboden vorgedrungen zu sein, verhindert durch die starke Lokalvergletscherung des Roten Steingebiets.

Der Talboden von Berwang als Typus einer Glaziallandschaft.

Alles, was bisher über glaziale Formen (Kare, Trichter, Talbildung, Moränenablagerungen) gesagt wurde, läßt sich auf engsten Raum zusammengedrängt am Talboden von Berwang zeigen. Wir können ihn geradezu als Typus einer alpinen Glaziallandschaft bezeichnen, deren Formen sich deshalb so vorzüglich erhalten haben, weil Erosion und Denudation hier auf der Wasserscheide nur wenig wirksam sein konnten. Über die Stufe am Mühlboden kommen wir in eine Landschaft, die man allein nach ihren Formen zu urteilen als Moränengebiet ansprechen muß. Die Aufschlüsse in der ganzen Länge des Bachrisses im Süden der Stufe haben den Nachweis hierfür geliefert. Dem Niveau der Stufe aufgesetzt finden wir mehrere kuppige Hügel, wie sie für

---

[1]) Vgl. A. i. E. S. 271.

eine Glaziallandschaft charakteristisch sind; zwischen ihnen haben wir versumpfte Strecken und kleinere und größere Wasseransammlungen. Die Hügel ordnen sich in auffallender Weise zu einem Halbkreis, der, wenn man das im Osten fehlende früher sicher vorhandene Stück über dem Mühlboden ergänzt, den Austritt des Alpesbachs in die Berwanger Talung umkränzt. Wir halten diese Moränenhügel als einen Endmoränenwall des vom Roten Stein ausgehenden, sich zurückziehenden Gletschers; der Eisstrom muß demnach hier eine Zeitlang stationär gewesen sein. Die Moräne von Berwang ist als eine der Heiterwanger Endmoräne vollständig analoge Bildung während des Eisrückzugs zu fassen. — Die hier geschilderten Verhältnisse kommen teilweise auf den Abb. 4 und 5, Tafel 28 gut zur Geltung; so ist auf Abb. 5 deutlich der Moränenwall links und der Rücken anstehenden Gesteins zu sehen, auf dem Berwang liegt.

Die Hügel, auf denen das Dorf gebaut ist, fallen ebenfalls durch ihre gleichmäßige Rundung auf und lassen auf glaziale Wirkungen schließen.

Der Talboden von Berwang gibt uns ein gutes Beispiel einer Transfluenz des Gletschereises, d. h. eines Gebietes, wo auf einer Wasserscheide zwei in ihrem Ursprung gänzlich voneinander getrennte Gletscher trotz des Gegengefälles miteinander in Beziehung traten. Freilich ist das Beispiel hier insofern nicht ganz einwandfrei, als keine eigentliche Vermischung des Eises stattfand, was aus dem Fehlen zentralalpiner Geschiebe geschlossen werden konnte.

Wenn wir vom Talboden nach der Höhe fortschreiten, finden wir noch lange sanfte, gerundete Formen, die allmählich in die schroffen Formen der Berge übergehen, die vom Eis nicht bedeckt waren, wie Thaneller und Roter Stein. Scharf ausgesprochen ist diese Grenze nicht, von einer eigentlichen Schliffkehle kann daher unmöglich gesprochen werden.

Der Blick von Berwang ins Alpesbachtal endlich eröffnet uns eine Landschaft, welche die glaziale und fluviatile Talbildung, sowie die Phänomene des Kars und des Trichters deutlich zeigt.

e) Die Entstehung des Plansees.

Die Bewegungsrichtung der Gletscher.

Bevor wir auf die Entstehung des Plansees eingehen, die nach dem Vorausgeschickten sicher unter dem Einfluß der Eiszeit gestanden hat, müssen wir einen Blick auf die Bewegungsrichtung der die Moränen ablagernden Gletscher werfen.

Die Betrachtung der Kare lehrte, daß unser ganzes Gebiet der Schauplatz einer Lokalvergletscherung war. Diese reicht aber nicht aus zur Erklärung des wesentlich gestaltenden Einflusses, den die Eiszeit besonders auf die Talzüge ausgeübt hat. Große Eisströme, die aus dem Innern der Alpen kamen, haben die Täler unseres Gebiets durchflossen, wovon die Vorkommnisse zentralalpiner Geschiebe und solcher kalkalpiner, die dem Gesteinscharakter des Planseegebiets fremd sind, beredtes Zeugnis ablegen.

Für das Planseetal bestanden zwei Möglichkeiten der Gletscherbewegung, eine ostwestliche und eine westöstliche.

Für die erstere ist Penck in V. D. A. eingetreten, der einen das Loisachtal hinaufsteigenden Zweig des von Mittenwald nach Garmisch fließenden Isargletschers das Planseetal erfüllen läßt (S. 66—69 und S. 88, 90). Zu dieser Ansicht kam er vor allem durch die Anschauung, daß der Fernpaß ein postglazialer Einsturz von früher hoch aufragenden Massen sei, die einem von Süden vordringenden Gletscher den Weg versperrten. Um die Urgebirgsgeschiebe bei Griesen an der Loisach und an der Planseeverbauung zu erklären, mußte er zu obiger Meinung kommen. Im Hintertorental nimmt Penck (S. 61) ebenfalls Bewegung nach Westen an; er läßt es von dem lokalen Loisachgletscher durchmessen werden, der sich mit dem Lechgletscher vereinigt, während ein anderer Zweig desselben nach Norden vom Lermooser Becken durch das heutige Loisachtal floß und sich bei Griesen mit dem Isargletscher vereinigte, d. h. durch diesen dann auch wieder ins Planseegebiet kam.

In den A. i. E. hat sich Penck über die Frage der Gletscherbewegung in unserm Gebiet nicht ausgesprochen, es liegt aber die Vermutung nahe, daß seine Ansicht eine Modifikation erlitten haben würde, wenn er die Sache nochmals in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen hätte. Er weist nämlich nach (S. 292ff.,

S. 301), daß der Fernpaß, ein postglazialer Bergsturz, von gewaltigen Massen zentralalpinen Eises überflossen wurde. Diese Eismassen, die sich vom Lermooser Becken teils in das Hintertorental, teils ins Loisachtal ergießen mußten, hätten einem im Verhältnis dazu kleinen Ausläufer des Isargletschers wohl kaum das Aufsteigen in das Planseetal gestattet, sondern hätten im untern Loisachtal eine westöstlich gerichtete Bewegung veranlaßt. Im Planseetal selbst hätte dann sinngemäß als Fortsetzung des Hintertorentals auch eine westöstliche Bewegung eintreten müssen.

Ampferer spricht beim Planseetal zwar nur von Zuschüttung mit Schottern von Westen her, es ist aber sinngemäß anzunehmen, daß er auch für Gletscherbewegung in dieser Richtung eintritt.

Für das Planseegebiet kommen zwei große benachbarte Eisströme in Betracht, die Abzweigungen dorthin entsenden konnten: Der Inngletscher und der Lechgletscher, deren beider Einfluß sich geltend macht. Die Haupteingangspforte für das Inntaler Eis war der Fernpaß. Im Becken von Lermoos, das damals noch zum Gurglertal hin entwässert wurde, stauten sich die Eismassen und suchten ihren Weg von hier über Diffluenzstufen teils nach Norden über den Paß Ehrwald ins Loisachtal um sich mit dem Isargletscher bei Garmisch zu vereinigen, teils nach Westen in das Hintertorental[1]). Bei Bichlbach empfing dieser große Talgletscher kräftigen Zufluß aus dem lokalen Vergletscherungszentrum des Roten Steins, das seinerseits über den Talboden von Berwang mit dem Eis des Rotlechs in Verbindung trat. Die Landschaft von Berwang kann, wie bereits hervorgehoben wurde, als das Beispiel einer Transfluenz bezeichnet werden. Die Talweitung von Heiterwang deutet darauf hin, daß hier die Vereinigung des Hintertorentalzweiges mit einem über den Paß Ehrenberg eindringenden Arm des Lechgletschers stattfand. Der natürliche weitere Weg für die vereinigten Eismassen war dem Gefälle folgend die Umbiegung nach Osten ins Planseetal. Am Archbach erfolgte ein weiteres Überfließen von Lecheis in unser Gebiet. Am Ostende des Plansees fand wiederum eine Teilung des Gletschers mit Diffluenzerscheinungen statt: Der größere Teil

[1]) Vgl. v. Klebelsberg a. a. O. S. 228.

floß geradeaus ostwärts durch das Neidernachtal zum Loisachgletscher, vereinigte sich also mit dem bei Lermoos verlassenen Hauptzweig; der kleinere Teil suchte sich einen Weg nach Norden über die Torsäulen und vereinigte sich mit dem lokalen Ammergletscher zu einem ansehnlichen Eisstrom, wie die Funde zentralalpinen Materials am Ammerwaldpaß beweisen.

Wir haben so in unserm Gebiet ein Eisstromnetz, dessen Gefälle sich dem natürlichen Verlauf der Täler zwanglos anpaßt.

Bei Heiterwang konnten wir eine Eishöhe von etwa 1650 m annehmen, wenn wir berechtigt sind, aus Karhöhen einen annähernden Schluß hierauf zu ziehen. Nach Penck (V. D. A. S. 87) betrug die Eishöhe des Lechgletschers bei Weißenbach—Reutte 1500 m, was mit der Angabe in A. i. E. S. 197 gut übereinstimmt, daß sie beim Austritt aus der Flyschzone 1300 m war. Jedenfalls konnte der Lechgletscher über den nur wenig mehr als 1000 m hohen Paß Ehrenberg leicht eindringen, es fragt sich nur, ob der anscheinend höhere Hintertorentalgletscher wirklich ins Planseetal umbog oder selbst zum Lech hinüberfloß. Das erstere ist das wahrscheinlichere. Zunächst müssen wir bedenken, daß der Gletscher des Hintertorentals nicht von vornherein eine solche Höhe besessen haben kann, bevor er den bedeutenden Massenzuwachs über den Fernpaß erhielt; im Gegenteil werden hier nur Lokalgletscher gewesen sein, welche der hochangeschwollene Lechgletscher leicht verdrängen konnte. Sicher ist der Lechgletscher weit eher ins Planseegebiet eingedrungen, als Eis vom Inngletscher auf dem weiten Weg von Imst dorthin gelangen konnte. Als der Inngletscher dann weiter vordrang und im Hintertorental größere Mächtigkeit erlangte, wird er trotzdem durch das Planseetal mit Lecheis vereinigt weitergeflossen sein, weil hier infolge des Talgefälles der geringste Widerstand vorhanden war. Mit dem Anwachsen des Hintertorentalgletschers wird allerdings das Lecheis bald verdrängt worden und im Planseetal dann nur Inngletscher- bezw. Lokalgletschereis geflossen sein. — Außerdem kann nur nochmals betont werden, daß es nicht einzusehen ist, warum der Loisach- oder gar der Isargletscher, beide schon so nahe am Alpenausgang, eine aufsteigende Bewegung ins Planseetal erleiden sollten — und dieses nur zur Erklärung der zentralalpinen Geschiebe im Neidernachtal und an der Planseeschwelle. Der natürlichste Verlauf, der zur Er-

klärung dieser Vorkommnisse völlig ausreicht, ist der der westöstlichen Bewegung.

Entstehungsgeschichte der Schwelle und des Seebeckens.

Für die Entstehung des Plansees macht Penck und nach ihm Geistbeck die Abdämmung durch glaziale Schotter verantwortlich. Mit andern Worten heißt das: Die von Osten her erfolgende Aufschüttung der Glazialschotter machte genau im Gebiet der heutigen Schwelle halt; gleichzeitig wurde der See aufgestaut, der mit dem Höherwerden der Schwelle wuchs, bis in der Pforte des Archbachs ein Ausfluß entstand. — Die Entstehung des Sees muß demnach in die Zeit des Eisrückzugs verlegt werden, da kein Gletscher mehr über die Schwelle hinweggegangen ist, die doch sicher von einem solchen zerstört worden wäre. Die Vorstellung, daß die Ablagerung der Schotter gerade an der Schwelle aufgehört hat, begegnet jedenfalls einigen Schwierigkeiten. Außerdem ist nicht zu vergessen, daß bei einem mit den Schottern gleichmäßig anwachsenden See unbedingt Deltaablagerungen vorhanden sein müßten. Penck[1]) hat selbst darauf hingewiesen, daß diese an der Planseeschwelle völlig fehlen.

Ampferer nimmt für die Entstehung des Plansees die erodierende Wirkung des Gletschers der letzten Vereisung in Anspruch. Nach ihm erfolgte in der Zeit vor dem letzten Gletschervorstoß eine vom Lechtal ausgehende starke Zuschüttung der Tiefenzüge unseres Gebiets mit diluvialen Schottern. Im Lechtal nimmt er eine Zuschüttung mit Schottern und Sanden bis mindestens 1050 m Höhe an, so daß über den Paß Ehrenberg und durch die Pforte des Archbachs leicht ein Überfließen ins Planseetal erfolgen konnte. Um die Bildung der Schwelle zu erklären, denkt sich Ampferer ihr Profil talauf und talab fortgesetzt, so daß das ganze Planseetal verschüttet war. Der letzte Gletschervorstoß erodierte endlich das heutige Becken, indem er die Schotter und noch dazu einen Teil des Felsuntergrundes herausfegte. Darüber, wie sich Ampferer diesen Vorgang im einzelnen vorstellt, vor allem aber darüber, warum gerade die aus lockerem Material bestehende Schwelle von der Zerstörung durch den letzten über sie hinweggehenden Gletscher-

[1]) V. D. A. S. 162.

vorstoß verschont blieb, während alles andre Material in ihrer Nachbarschaft ausgeräumt wurde, erhalten wir keine näheren Aufschlüsse.

Wie haben wir uns die Entstehung der Planseeschwelle und des Seebeckens zu denken?

Da die den See abdämmende Schwelle durchweg aus zeitlich einheitlichem Moränenmaterial besteht, wie ausführlich nachgewiesen wurde, müssen wir für ihre Bildung die letzte Vergletscherung in Anspruch nehmen. Die große Mächtigkeit der Schwelle hindert uns sie als Grundmoräne zu erklären und ihre Ablagerung demnach in eine Zeit zu setzen, in der das Eis noch weit über unser Gebiet hinausreichte. Wir kennen wohl Moränen, die gleiche Mächtigkeit und den gleichen Charakter haben wie die Planseemoräne, in allen diesen Fällen handelt es sich aber um Seitenmoränen, die an den Talwandungen angelagert im Schutze irgendeines Felsspornes oder eines Seitentälchens sich erhalten haben. Grundmoränen, die in solcher Ausdehnung und Höhe sich quer über ein Tal hinüber erstrecken und es absperren, kennen wir nicht. Wir halten die Planseeschwelle als das Produkt eines sich zurückziehenden Gletschers, als ein Rückzugsstadium und bezeichnen die Ablagerungen als Rückzugsmoräne. Bei einer stadialen Bildung wäre eigentlich eine Endmoräne zu erwarten; der Zusammensetzung nach ist die Planseeschwelle auch als eine solche zu bezeichnen, da das Material am Ende des Stadialgletschers abgelagert wurde, zur Entwicklung jedoch einer typischen Endmoräne in wallförmiger Ausbildung konnte es naturgemäß in dem verhältnismäßig engen Tal nicht kommen und so können wir den doch meist nur für die morphologische Erscheinungsform gebrauchten Begriff der Endmoräne hier nicht wohl anwenden.

Daß sich die Planseeschwelle, die heute durch die Erosion des Schellbachs scharf angeschnitten ist, früher noch erheblich weiter nach Osten erstreckte, halten wir für unwahrscheinlich. Dafür spricht auch die Bildung jener Schotter, die als Schottermoräne bezeichnet wurden, und die vermutlich Penck und Ampferer zu der irrigen Annahme geleitet haben, daß die Schwelle ganz aus Schotter bestehe. Allein schon ihre jetzt der Erosion gänzlich entzogene Höhenlage (960 m) beweist, daß zu

einer Zeit, als in dieser Höhe noch erodierende Kräfte wirkten und der Schellbach nicht bis zu seinem heutigen Niveau vertieft war, schon jene Schotter entstanden, mit andern Worten, daß auch damals schon der Stirnrand der Planseemoräne ungefähr an der gleichen Stelle wie heute lag. Die Schottermoräne muß man sich so entstanden denken, daß die Schmelzwasser des Gletschers das Moränenmaterial auswuschen, es mehr oder weniger abrollten und talabwärts verfrachteten. Es mag in unserm Fall wohl auch sein, daß bei diesen Bildungen der Schellbach mit im Spiele war, der sein Gerölle damit vermischte; jedenfalls aber blieb die Schottermoräne bei fortschreitender Tieferlegung des Schellbachs am Scheiderücken gegen den Neuweidbach liegen. Am weiteren Lauf des Schellbachs finden sich Terrassen von verschiedener Höhe, aus stark verwaschenem Moränenmaterial mit ganz seltenen gekritzten Geschieben durchmengt bestehend, die sicher als ein Äquivalent der Schottermoräne anzusehen sind. Die zahlreichen Terrassen an der Neidernach verlieren dann immer mehr den Moränencharakter und enthalten weit mehr Gerölle; gekritzte Geschiebe fehlen dort völlig.

Unsere Erklärung der Planseeschwelle als einer Rückzugsmoräne von stadialer Ausbildung findet eine starke Unterstützung in dem Vorhandensein der Moräne von Heiterwang, die wir als eine typische stadiale Endmoräne des fortschreitenden Rückzugs des Gletschers ins Hintertorental ansprechen. Daß dieser stadiale Rückzug des Gletschers auch weiterhin angedauert hat, beweist endlich die Moräne von Berwang, in der wir ebenfalls eine Endmoräne erblicken.

Zwischen der Ablagerung der Moräne der Planseeschwelle und der bei Heiterwang muß ein rascher Rückzug des Gletschers stattgefunden haben, der das Planseebecken infolge geringer Moränenablagerung offen hielt und es mit Schmelzwassern füllte. Die Wasserfüllung währte solange, bis sie einen Ausweg im Archbach fand, der heute den See entwässert. Ebenso muß auch nach dem zeitweiligen Stillstand, der durch die Moräne von Heiterwang gekennzeichnet ist, ein rasches Rückschreiten bis Berwang erfolgt sein, da im zwischenliegenden Stück des Hintertorentals nur verschwindende Reste von Moränenmaterial vorhanden sind. Wo für den sich zurückziehenden Haupttalgletscher das Äquivalent der Berwanger Moräne zu suchen ist, sei hier nicht ent-

schieden; möglicherweise ist die vom Lusbach angeschnittene mächtige Moräne zwischen Lähn und Lermoos als solches anzusprechen.

Die Frage, ob die Planseeschwelle in ihrer ganzen Mächtigkeit aus Moräne besteht, können wir an der Hand des Profils durch die Schwelle und einen Teil des Plansees erörtern (Fig. 2.) Am Fußpunkt der Schwelle tritt das anstehende Gestein in 920 m vom Schellbach angeschnitten zutage, bei gleichsinnigem Ansteigen dürfte es am See selbst mindestens 925 m erreichen. Der Seespiegel liegt in 976 m, die größte Tiefe des östlichen Plansees beträgt 72 m; folglich reicht der Seegrund bis 904 m herab und wir erkennen daraus eine Eintiefung des Beckens in festes Gestein von mindestens 21 m (925 m—904 m). Wohl mit Recht dürfte aber die Eintiefung noch höher angegeben werden, da einerseits der Felsgrund im Schellbachtal durch die postglaziale Erosion wahrscheinlich schon tiefer gelegt ist, als er ursprünglich lag, und da andrerseits im östlichen Plansee die postglaziale Zuschüttung am stärksten ist. Nachdem wir im östlichen Heiterwangersee 60 m, im westlichen Plansee 76,5 m Tiefe haben, dürfen wir bei stetig fortschreitendem Talgefälle im Osten auf mindestens 85 m schließen. Der Seeboden käme dann in ca. 890 m zu liegen, so daß der vorhin gefundene Wert der Eintiefung in festes Gestein von 21 m sich auf ca. 35 m erhöhen würde.

Es besteht demnach beim Plansee ein richtiges Felsbecken, dessen Entstehung wir auf die erodierende Kraft des Gletschereises zurückführen. Die Stufe im festen Gestein kann sowohl entstanden sein, als der Gletscher noch weit größere Ausdehnung hatte, wie auch zu der Zeit, als er beim Rückzug im Bereich des Plansees stationär war. Im ersten Fall erklärt sich die Gesteinsschwelle als Diffluenzstufe des sich hier nach Norden und Osten teilenden Gletschers. Die größere Masse des Eises floß nach Osten, daher hier die niedrige Stufe, die geringere Masse wandte sich nach Norden zum Ammergletscher, daher hier die weitaus höhere Stufe bei den Torsäulen. — Im zweiten Fall erklärt sich das Felsbecken durch die gegen das Gletscherende hin stetig abnehmende Erosionskraft der Talgletscherzunge.

Eine Vereinigung dieser zwei Möglichkeiten dürfte der Wahrheit am nächsten kommen, indem die Gesteinsschwelle durch die Diffluenz angelegt und durch den stationären Gletscher ausgestaltet wurde.

Wir fassen die Entstehung des Plansees nochmals kurz zusammen: Der See ist ein Produkt der letzten Vereisung. Er ist teils ein reines Felsbecken und durch Erosion des fließenden Eises entstanden, teils ein Staubecken, hervorgerufen durch die Ablagerung großer Moränenmassen im Gebiet der heutigen Schwelle.

Wir müssen schließlich noch auf die von Ampferer aufgestellte Theorie der interglazialen, bezw. interstadialen Talzuschüttung zu sprechen kommen. Diluviale Schotterablagerungen fehlen nach unsern Beobachtungen im ganzen Planseegebiet völlig. Wir müssen für dieses die nach Ampferer erfolgte Talzuschüttung entschieden in Abrede stellen. Wie wir uns zu der Zuschüttung des Lechtals bis auf 1050 m zu stellen haben, muß erst eine Prüfung der dortigen Verhältnisse erweisen. Jedenfalls ist die Entstehung des Plansees einem bedeutend einfacheren Prozeß zuzuschreiben, als es die Vorgänge sind, die mit der großen Talzuschüttung und Wiederausräumung durch einen jüngsten Gletschervorstoß zusammenhängen.

Inhaltsübersicht.

		Seite
I. Einleitung	(381)	1
1. Vorbemerkungen	(381)	1
2. Über das Verhältnis der Seenkunde zur Geographie	(385)	5
II. Der Plansee und sein Einzugsgebiet als geographisches Untersuchungsobjekt	(389)	9
1. Morphographie.		
a) Des Einzugsgebiets	(389)	9
Lage (389) 9. Kartenmaterial (390) 10. Grenzen (391) 11. Oro- und Hydrographie (392) 12.		
b) Des Seebeckens	(401)	21
Lotungsmethode (402) 22. Konstruktion der Tiefenkarte (408) 28. Kritik der Genauigkeit der neuen Tiefenkarte und Vergleich mit der Geistbeckschen Karte (412) 32. Beschreibung der Gestalt des Seebeckens (417) 37. Morphometrie (421) 41.		
2. Morphologie	(432)	52
a) Die geologischen Verhältnisse	(432)	52
b) Die postglazialen Umbildungen	(434)	54
Das Seebecken (434) 54. Das Einzugsgebiet (438) 58.		
c) Allgemeiner glazialer Charakter des Gebiets	(439)	59
Täler (440) 60. Berge (441) 61.		
d) Die Moränenablagerungen im Planseegebiet	(446)	66
Die Planseeschwelle (446) 66. Das Einzugsgebiet (451) 71. Der Talboden von Berwang als Typus einer Glaziallandschaft (454) 74.		
e) Die Entstehung des Plansees	(456)	76
Die Bewegungsrichtung der Gletscher (456) 76. Entstehungsgeschichte der Schwelle und des Seebeckens (459) 79.		

Lebenslauf.

Am 11. November 1888 wurde ich, Edwin Theodor Fels, zu Corfu (Griechenland) als Sohn des Großkaufmanns Georg Thomas Fels und seiner Ehegattin Antonie, geb. Trampitsch, geboren. Ich bin evangelischer Konfession. Den ersten Unterricht genoß ich zu Hause, bis meine Familie nach dem 1894 erfolgten Tode meines Vaters nach Deutschland übersiedelte, wo ich in München und Lindau i. B. 1895—1898 die Volksschule besuchte. Von 1898—1903 besuchte ich die Lateinschule in Lindau i. B. und von 1903—1907 das humanistische Wilhelmsgymnasium in München.

Im Juli 1907 bestand ich die Reifeprüfung und bezog im folgenden Wintersemester die Universität München, an der ich mich zuerst dem Studium der Jurisprudenz, vom 2. Semester ab jedoch dem der Geographie, Geologie und Anthropologie widmete. Von Ostern 1910 bis Ostern 1911 war ich an der Universität Berlin immatrikuliert, um darauf wieder nach München zurückzukehren. Meine Lehrer auf den drei genannten Gebieten waren in Berlin die Herren Dr. Braun, Prof. Branca, Dr. Groll, Prof. Kohlschütter, Dr. Leß, Prof. von Luschan, Dr. Marcuse, Prof. Penck, Prof. Sieglin, Dr. von Staff; in München die Herren Prof. von Baeyer, Prof. Birkner, Dr. Boden, Prof. Broili, Dr. Dacqué, Prof. von Drygalski, Dr. Leuchs, Prof. Maas, Prof. Ranke, Prof. Röntgen, Prof. Rothpletz, Dr. Schmauß, Prof. von Seeliger, Prof. Weinschenk, Dr. von Zahn.

...ls : Plansee.

Hohenschwangau, Garmisch-Partenkirchen.

Mitteilungen der geogr. Gesellschaft in München. Band VIII. 1913.

vorbehalten.

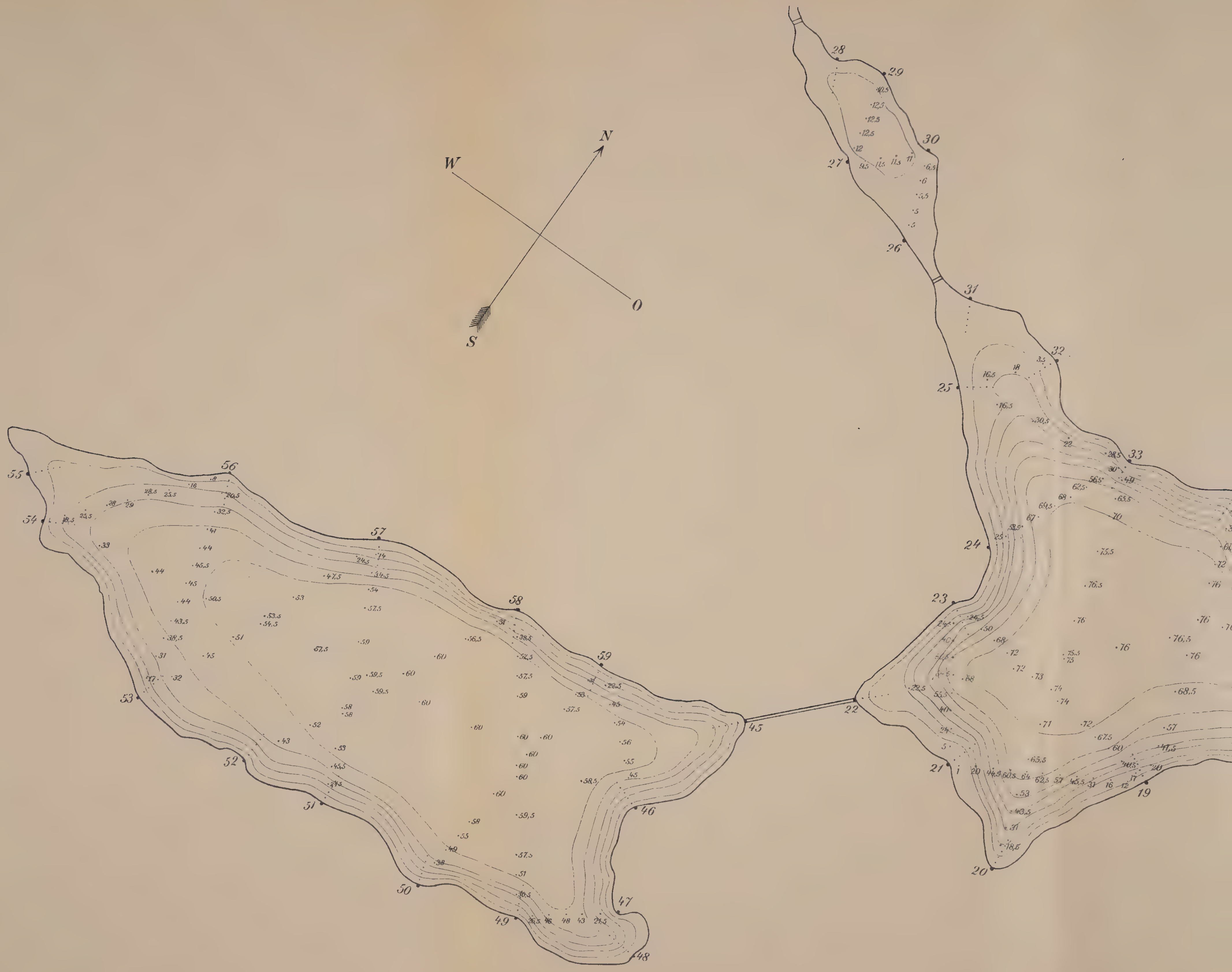
Maafsstab $\frac{1}{100000}$ der natürl. Länge.

1000 500 0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 Meter = 8 Kilometer.

1000 500 0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000 Schritte.

Bearbeitet im K. Bayer. Topographischen Burea

Fels: Plansee.



Tiefenkarte des
PLANSEES u. HEITERWANGERSEES.

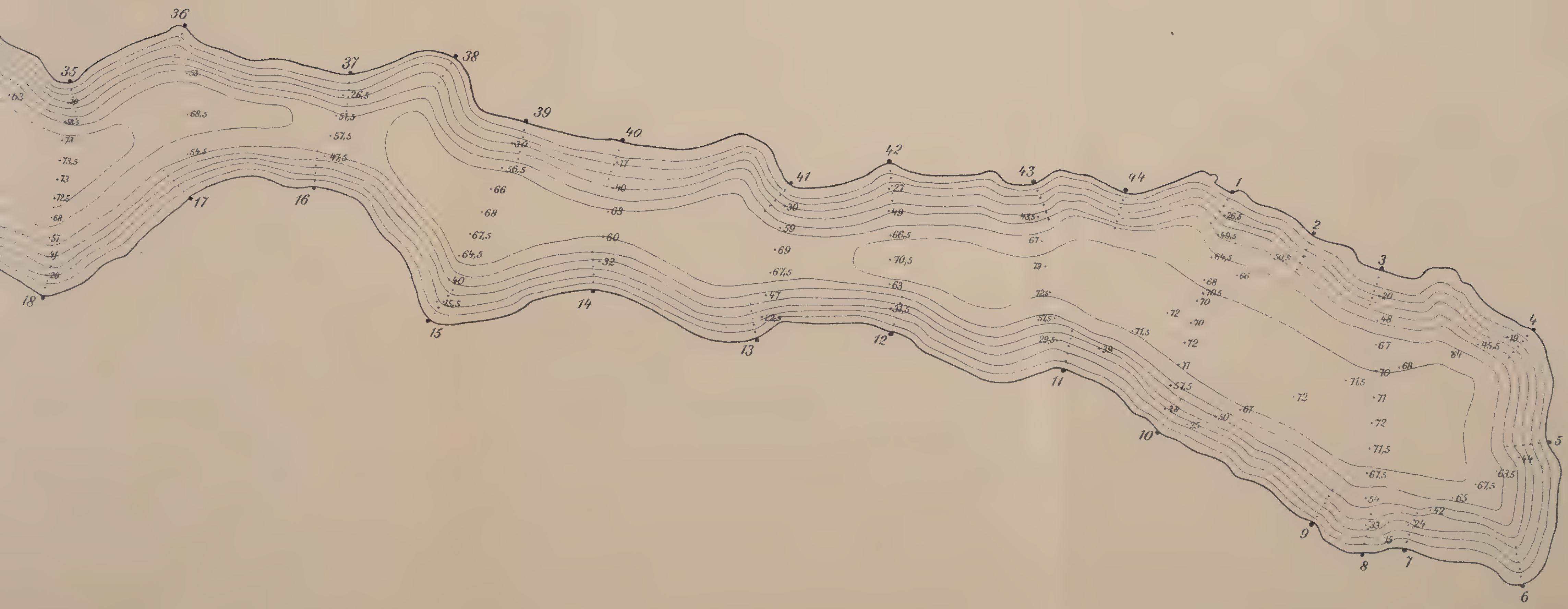
1 : 12500.

0 — 500 — 1000 m

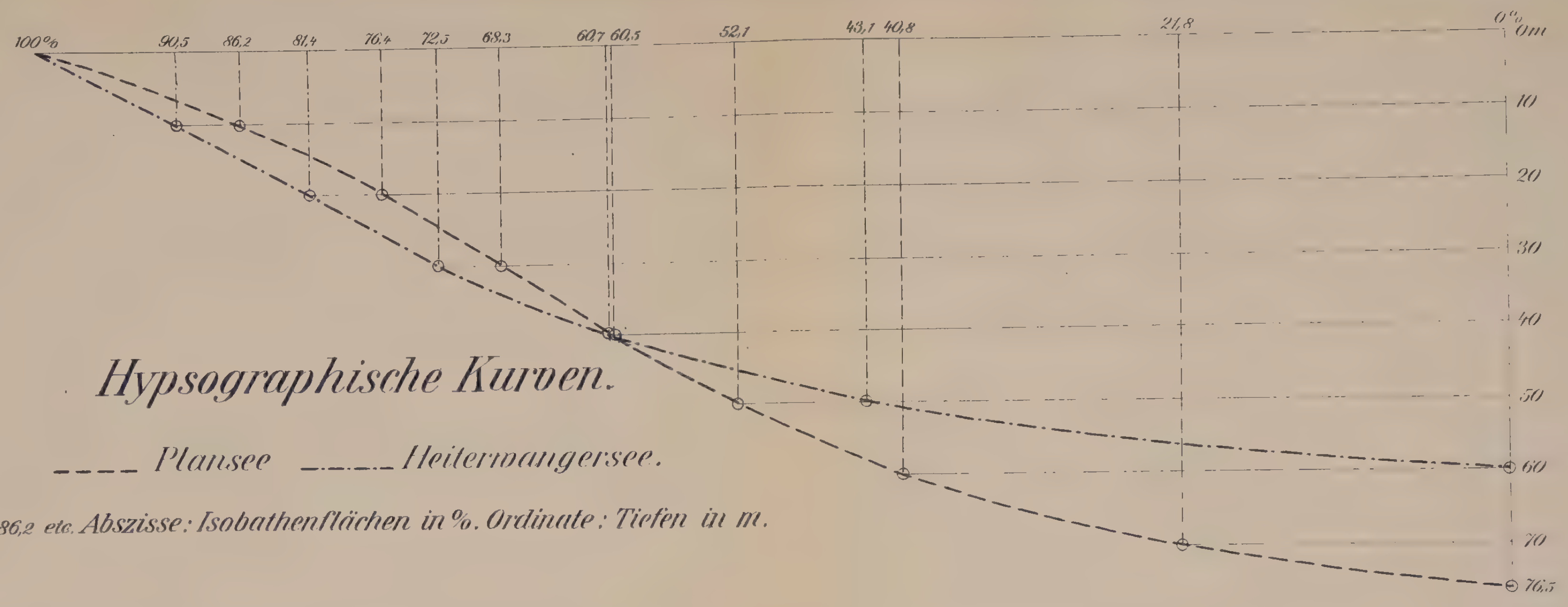
Uferlinien nach oesterreichischen Katasterblättern 1 : 2880, berichtigt durch eigene Beobachtungen.
Tiefenlinien nach Lotungen vom Sommer 1912.
Entworfen von Edwin Fels.

Erläuterungen:

Tiefenlinien in Abständen von 10 m, bezogen auf Pegelstand 34 cm bei der Forelle
25 ⌇..... Fixpunkte am Ufer mit Lotungsstellen der Uferlotungen (Tiefenangabe s. Tabelle!)
.76,5 Lotungsstellen der Profillotungen mit Tiefenangabe in m.



Lith. Anst. Klein & Volbert, München.



Hypsographische Kurven.

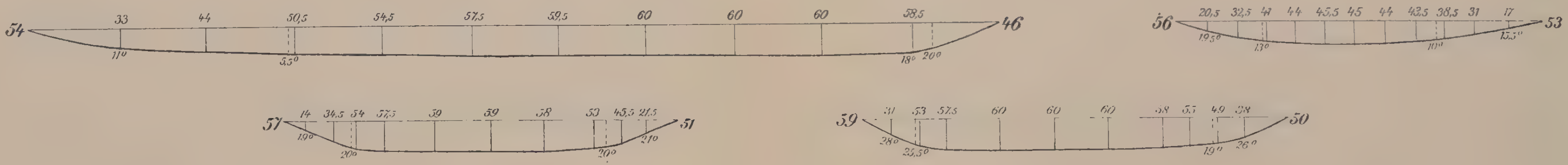
---- Plansee -.-.-. Heiterwangersee.

90,5 86,2 etc. Abszisse: Isobathenflächen in %. Ordinate: Tiefen in m.

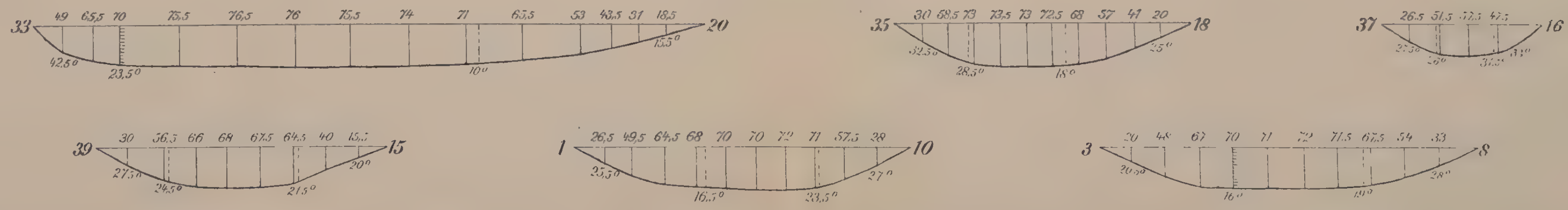
Lotungsprofile 1:12500.

Die großen Zahlen entsprechen den Fixpunkten am Ufer, die kleinen geben die Tiefe in m.
Die Gradzahlen bezeichnen die Böschungswinkel.

Heiterwangersee.



Plansee.



MITT. D. GEOGR. GESELLSCH. MÜNCHEN
BD. VIII. 1913. TAF. 27.

ABB. 1. PLANSEE MIT THANELLER VON DER FORELLE GESEHEN.

ABB. 2. PLANSEE UND HEITERWANGERSEE
VOM THANELLERGIPFEL GESEHEN.

MITT. D. GEOGR. GESELLSCH. MÜNCHEN
BD. VIII. 1913. TAF. 28.

ABB. 3. DIE PLANSEEVERBAUUNG VON O. GESEHEN.

PHOT. KOEGEL

ABB. 4. STUFE VON BERWANG.
BLICK VOM MÜHLBODEN INS ALPESBACHTAL.

ABB. 5. GLAZIALLANDSCHAFT VON BERWANG.
BLICK GEGEN W.